

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**Ingeniería Técnica Industrial: Electricidad
Proyecto de Fin de Carrera**



" Monitorización en línea de un reactor biológico de fangos"

AUTOR: ALBERTO RODRÍGUEZ HERRERA

TUTOR: ANTONIO AZNAR JIMÉNEZ

CODIRECTOR: JUAN CARLOS CABANELAS VALCARCEL

**Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e
Ingeniería Química.**





ÍNDICE:

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	6
1.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	7
1.2 METODOLOGÍA.....	7
1.3 ESTRUCTURA.....	8
2. CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN A BIORREACTORES (MBR)	11
2.1 HISTORIA DE LOS (MBR).....	12
2.2 PRINCIPIOS GENERALES DE LOS (MBR).....	13
2.3 TIPOS DE SISTEMAS (MBR).....	16
2.4 CONDICIONES DE USO DE LOS SISTEMAS DE MEMBRANA SUMERGIDA.....	22
2.5 ENSUCIAMIENTO DE LAS MEMBRANAS.....	23
2.6 RELAJACIÓN Y RETROPULSACIÓN.....	25
3. CAPÍTULO 3: IQ SENSOR NET	27
3.1 INTRODUCCIÓN AL IQ SENSOR NET SISTEMA 184 XT.....	28
3.2 ESTRUCTURA Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.....	31
3.3 INSTALACIÓN ELECTRICA DEL MIQ/184XT.....	36
3.3.1 CONSUMO Y SUMINISTRO DE POTENCIA.....	36
3.3.2 CONEXIONES ELÉCTRICAS.....	40
3.4 FUNCIONES Y CONEXIONES DE LOS MÓDULOS.....	41
3.4.1 MIQ/PS.....	41
3.4.2 MIQ/CR3.....	43
3.4.3 MIQ/CHV.....	47



4.CAPÍTULO 4: SENSOR DE OXÍGENO TRIOXMATIC 700 IQ	49
4.1 INTRODUCCIÓN A LA MEDICIÓN DE OXÍGENO.....	50
4.2 ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS.....	52
4.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	55
4.4 CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	56
4.5 AJUSTES EXPERIMENTALES DEL SENSOR.....	62
 5.CAPÍTULO 5: SENSOR DE CONDUCTIVIDAD TETRACON 700 IQ	64
5.1 INTRODUCCIÓN A LA MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD....	65
5.2 ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS.....	67
5.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	70
5.4 CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	72
5.5 AJUSTES EXPERIMENTALES DEL SENSOR.....	75
 6.CAPÍTULO 6: SENSOR DE CARBONO CARBOVIS 700/5 IQ	78
6.1 INTRODUCCIÓN A LA MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD....	79
6.2 ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS.....	81
6.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	86
6.4 CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	88
6.5 AJUSTES EXPERIMENTALES DEL SENSOR.....	92



7.CAPÍTULO 7: SENSOR DE TURBIDEZ VISOTURB 700 IQ	93
7.1 INTRODUCCIÓN A LA MEDICIÓN DE LA TURBIDEZ.....	94
7.2 ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS.....	95
7.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	99
7.4 CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	101
7.5 AJUSTES EXPERIMENTALES DEL SENSOR.....	106
 8.CAPÍTULO 8: APORTACIONES Y BENEFICIOS DEL IQ SENSOR NET AL BIORREACTOR	108
8.1 INTRODUCCIÓN.....	109
8.2 IQ SENSOR NET SOFTWARE PACK.....	109
8.3 APORTACIONES Y BENEFICIOS.....	113
 9. CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES	115
9.1 CONCLUSIONES.....	116
9.2 RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES.....	118
9.3 FUTURAS LÍNEAS DE APLICACIONES.....	119
 BIBLIOGRAFÍA	120



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción y objetivos:

En este proyecto, primero se realiza una pequeña introducción para que el lector adquiriera unos conocimientos mínimos sobre los biorreactores de membrana (MBR) y pueda así conocer una nueva tecnología de limpieza de aguas industriales que es una variante del método de depuración mediante fangos activos, en el que la separación del agua tratada de la biomasa se efectúa por filtración en vez de por decantación.

Posteriormente se describe la instalación en línea de sensores industriales para la monitorización de nuestro reactor biológico de fangos. Se instalarán en línea sensores de Turbidez, Oxígeno disuelto, Conductividad y Carbono orgánico total, todos ellos accesibles a su control y resultados de medición mediante un terminal del dispositivo para la monitorización en línea IQ SENSOR NET. Los sensores también son conectados a un PC para la adquisición de datos en tiempo real. También se realizará el manual de operación básico y de mantenimiento de los sensores.

1.2 Metodología:

El proyecto se debe de separar en dos partes muy diferentes durante su desarrollo, una parte muy práctica realizada en el laboratorio, y otra parte más teórica.

Parte práctica: Es la parte en la que se realizaron todas la instalaciones del sistema IQ SENSOR NET y sus sensores, posteriormente su calibración y todas las modificaciones físicas de la instalación y sensores para conseguir la adaptación de todos los dispositivos a nuestra planta.

La metodología utilizada en este apartado, fue una metodología de investigación y muy experimental, ya que todos los cambios y procesos que se realizaban, eran con la finalidad de adaptar, un sistema de monitorización en línea "IQ SENSOR NET" para unas condiciones más o menos estandarizas con una planta de tratamiento de aguas residuales con un biorreactor MBR que está en fase de cambios y desarrollo constante.

Parte Teórica: Esta es la parte donde se realizó toda la búsqueda de información sobre los biorreactores (MBR) y donde se aprendió y se estudió el funcionamiento y manejo del IQ SENSOR NET, mediante un manual que aportaba el fabricante. Toda esta información que nos aportaba el fabricante no era en castellano, fue en inglés, eso hizo ralentizar un poco la parte teórica del proyecto.

1.3 Estructura:

A continuación se detallará brevemente la estructura del proyecto y los temas que se tratarán en los siguientes capítulos.

- **CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN A BIORREACTORES DE MEMBRANA (MBR)**

Se expone toda la información necesaria para conseguir que el lector del proyecto, consiga unos conocimientos sobre este tipo sistema de depuración de aguas.



- CAPÍTULO 3: IQ SENSOR NET

En este capítulo se explica lo que es el dispositivo IQ SENSOR NET, como funciona, estructura, componentes y su instalación tanto física como su instalación eléctrica.

- CAPÍTULO 4 : SENSOR DE OXÍGENO TRIOXMATIC 700 IQ.

Se realiza una descripción del sensor de oxígeno disuelto, en la cual se explica su funcionamiento, instalación, calibrado, modificaciones y mantenimiento.

- CAPÍTULO 5 : SENSOR DE CONDUCTIVIDAD TETRACON 700 IQ.

Se realiza una descripción del sensor de conductividad, en la cual se explica su funcionamiento, instalación, calibrado, modificaciones y mantenimiento.

- CAPÍTULO 6 : SENSOR DE CARBONO CARBOVIS 700/5 IQ MIQ/VIS.

En este capítulo además de la explicación a fondo del sensor, como en los capítulos anteriores, también se describe uno de los módulos del sistema, MIQ/VIS, que está estrechamente ligado con este sensor.

- CAPÍTULO 7 : SENSOR DE TURBIDEZ VISOTURB 700 IQ.

Es el último capítulo de sensores, que acaba con el sensor de turbidez, explicando su funcionamiento, instalación, calibrado, modificaciones y mantenimiento.



- CAPÍTULO 8 : APORTACIONES Y BENEFICIOS DEL IQ SENSOR NET AL BIORREACTOR (MBR).

En este capítulo se comentan muchas de las utilidades que el sistema aporta a nuestra planta, en especial el IQ sensor net software pack.

- CAPÍTULO 9 : CONCLUSIONES

Final del proyecto, donde se recogen todas las conclusiones y un resumen de ellas, a partir de todas las experiencias y resultados obtenidos durante el proyecto.

- BIBLIOGRAFÍA

Listado completo y detallado de los libros, manuales, páginas web y apuntes consultados para la realización de este proyecto.



CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A BIORREACTORES DE MEMBRANA (MBR)



2.1 HISTORIA DE LOS BIORREACTORES (MBR):

La primera referencia a la implantación de un sistema de membranas como sustituto de la decantación en un sistema de fangos activos, data de 1969 (Smith, 1969), siendo en las dos décadas siguientes cuando se fue perfeccionando la técnica, llegando a desarrollarse sistemas comerciales en USA y Japón ya en la década de los 80.

A Europa llegó la tecnología MBR a finales de la década siguiente (Porlock, UK, 1998), alcanzándose la madurez con la construcción en el 2004 de la planta de Kaarst (Alemania) con una capacidad de 80.000 h.e. y en el 2006 en San Pedro del Pinatar (España) con 130.000 h.e., estimándose que para el año 2010 se hayan instalado en Europa unos 1800 sistemas MBR tanto para el tratamiento de aguas industriales como urbanas.

El análisis del mercado que mueve la tecnología MBR puede dar una idea de su creciente importancia (Judd, 2006), pasándose de un valor global en el mercado de 10 millones de dólares en 1995, a 215 millones de dólares en 2005, estimándose un crecimiento para el año 2010 hasta los 360 millones de dólares (Hanft, 2006).



2.2 PRINCIPIOS GENERALES DE LOS (MBR):

Los biorreactores de membranas (MBR) son una variante de los sistemas de depuración de aguas mediante fangos activos (FA) en que la separación biomasa / agua tratada se efectúa por filtración en vez de por decantación.

La tecnología MBR permite el tratamiento de aguas con altos contenidos en materia orgánica biodegradable y/o grandes caudales, estando indicada entre otros usos, para pequeñas y medianas industrias del sector alimentario o de la industria química, con necesidades de depuración de aguas biodegradables.

Permite una reutilización del agua de proceso, disminuyendo con ello las necesidades de captación de la misma y por lo tanto los costes económicos, sociales y medioambientales inherentes a este proceso. Al obtener agua de mayor calidad y un volumen de fangos muy inferior que en los procesos FA, incide en que la empresa sea medioambientalmente más sostenible.

En todo proceso industrial el agua juega un papel preponderante, aunque realmente solo una mínima parte del agua consumida en la industria es incorporada al producto final (< 5%), siendo el resto reutilizada o vertida.

Esta situación, junto con leyes cada vez más exigentes en lo que se refiere a la calidad de las aguas vertidas y el aumento del precio del agua al incorporarse al mismo los costes de todo el proceso de captación, adecuación y transporte como exige la normativa europea vigente, ha llevado a que el tratamiento de las aguas residuales de los procesos productivos esté dejando de ser un tema secundario, o incluso obviado, para pasar a ser un punto crucial en cualquier desarrollo industrial.



La necesidad de optimizar los recursos hídricos en la empresa, está llevando a que en la actualidad se están implantando tecnologías de minimización del consumo de agua, favoreciendo su reciclado y reutilización y mejorando los procesos de depuración; esto está provocando que muchas industrias incorporen sistemas de tratamiento de aguas más eficientes, con el objeto de mejorar la calidad del agua tratada y, en muchos casos aumentar la capacidad de tratamiento previamente instalada.

Una de las tecnologías que presentan más futuro son los biorreactores de membranas (MBR, de sus siglas en inglés, "membrane bio-reactors"), los cuales son una variante de los sistemas de fangos activos (FA) en que la separación biomasa/agua tratada se efectúa por micro o ultrafiltración en vez de por decantación. Suponen un avance importante en el tratamiento de aguas residuales, si lo comparamos con tratamientos más convencionales como es el de fangos activos (FA), siendo mucho más compactos y produciendo efluentes de muy buena calidad en vista a su posterior reutilización.

La integración de los procesos de digestión biológica y de filtración en uno solo tiene varios efectos: por una parte modifica el estado de la biomasa, por otra aumenta la capacidad del sistema para eliminar DQO coloidal al no poder esta atravesar la membrana y aumentar el tiempo de contacto con la biomasa, pero sobre todo permite aumentar la concentración de biomasa en el reactor biológico.



Análisis comparativo de las ventajas e inconvenientes de los sistemas de biorreactores de membrana frente a los de fangos activos	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
Mayor capacidad de tratamiento de agua para el mismo tamaño de instalación (2-5 veces).	Inversión inicial elevada.
Baja necesidad de espacio. Fácil implementación en procesos de fabricación ya existentes.	Consumos energéticos altos.
Menor producción de fango por metro cúbico de agua tratada ($\approx 50\%$).	Requiere mayores trabajos de operación y mantenimiento (limpiezas).
Mayor calidad del agua depurada. Posible reutilización directa como agua de riego o para recarga de acuíferos (ausencia E.Coli y huevos de helmintos).	Vida útil y precio de las membranas de recambio.
Rápida depuración de aguas biodegradables, pudiendo incorporarse la eliminación de nitrógeno y fósforo de forma sencilla (mayor edad del fango).	Aumento de las necesidades de control de operación de la planta.
Sistemas muy robustos que pueden incorporarse al proceso productivo en muy poco tiempo y sin grandes necesidades de obra.	Aumento de la complejidad de las operaciones de funcionamiento de la planta.
Alta estabilidad del sistema durante su funcionamiento. Fácil automatización del proceso.	Dependencia tecnológica del proveedor

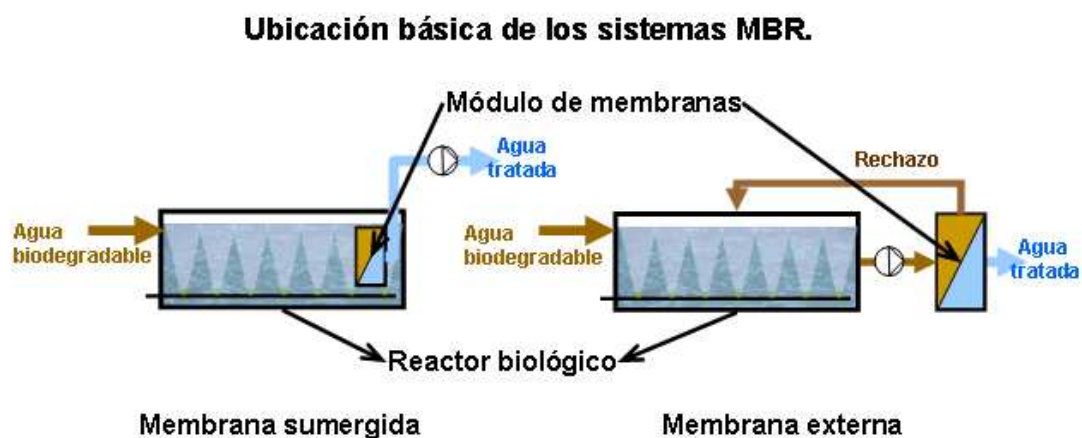
2.3 TIPOS DE SISTEMAS (MBR):

Como se ha dicho anteriormente el punto fundamental de un sistema MBR es la presencia de una membrana que permite separar la biomasa del agua tratada, pero para que se produzca el paso a través de dicha membrana se debe aplicar un gradiente de presión entre la región de alimentación y la de permeado (fuerza impulsora), denominándose rechazo a la fracción de alimentación que no atraviesa la membrana. El gradiente de presión puede ser positivo (sobrepresión en la región de alimentación) o negativo (depresión en la región de permeado), siendo en ambos casos inversamente proporcional al tamaño máximo de partícula que retiene la membrana.

Los sistemas MBR emplean membranas de microfiltración y más comúnmente de ultrafiltración, lo que permite la separación de los sólidos en suspensión, bacterias, virus y proteínas ($\varnothing > 0,05 \mu\text{m}$) del agua tratada, atravesando la membrana moléculas de pequeño tamaño como sales, proteínas de bajo peso molecular (proteínas extracelulares), colorantes, etc. Esta actuación como barrera de separación permite obtener agua exenta de sólidos en suspensión y con altísimos niveles de desinfección (ausencia de *E. coli* y huevos de helmintos), representando una mejora sustancial de la calidad del agua tratada con respecto a la obtenida con los sistemas de fangos activos con separación por decantación. La eliminación del resto de los contaminantes presentes en el agua, y que por su pequeño tamaño no pueden ser retenidos por el sistema de filtración, están sometidos a condiciones de degradación biológica similares a las de un sistema FA, cuando no mejores dada la alta edad del fango que se alcanza en estos sistemas.

Una de las ventajas de la utilización de sistemas de ultrafiltración frente a los de microfiltración es la mejora de la capacidad de separación, a costa de unas necesidades energéticas mayores, dado que las diferencias de presión necesarias para hacer atravesar la membrana (fuerza impulsora) son ligeramente superiores para las membranas de ultrafiltración que para las de microfiltración, aunque con el transcurso del tiempo suelen depositarse en las paredes de la membrana (zona de alimentación) y en el interior de los poros, partículas que disminuyen el tamaño efectivo del poro y hacen que el comportamiento de las membranas de microfiltración se acerque al de las de ultrafiltración, tanto en el tamaño de partícula que retienen, como en las presiones de trabajo a las que operan. Un tamaño de poro muy pequeño redonda por otra parte en un ensuciamiento de la membrana (fouling) más rápido y severo.

Existen dos ubicaciones básicas de los sistemas MBR: sistemas de membrana sumergida y sistemas de membrana externa, siendo los primeros los más comúnmente usados y los que están presentando un mayor crecimiento en el mercado de MBR. En la tabla se comparan ambas configuraciones.





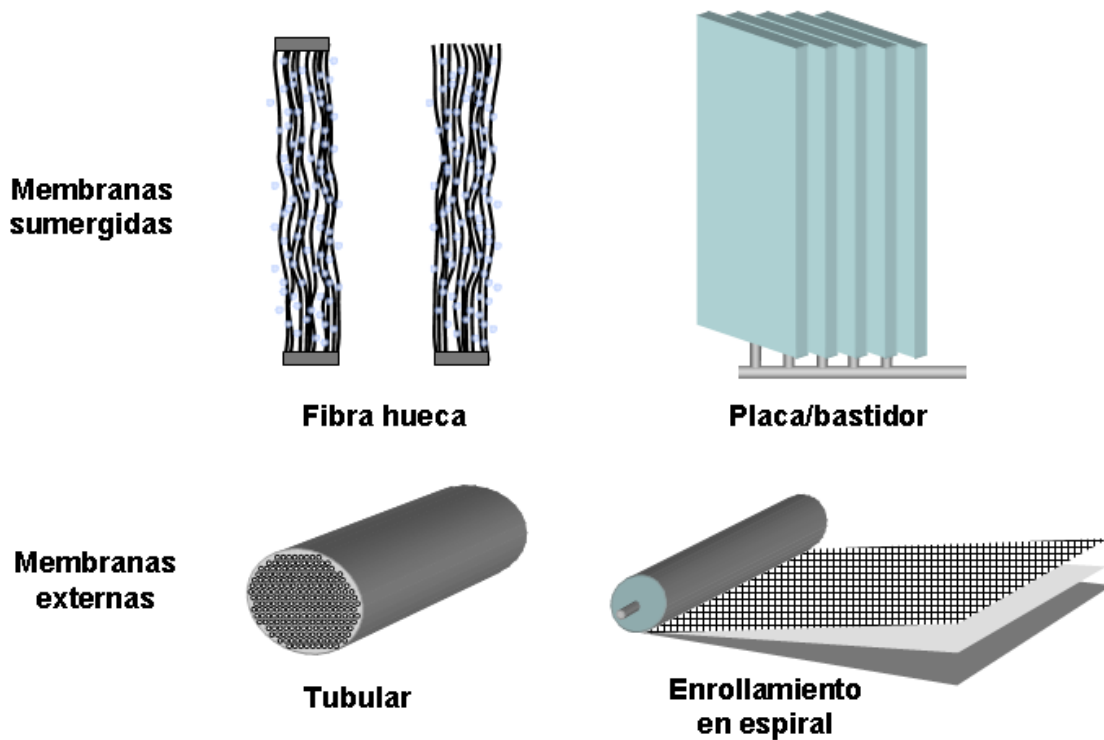
Análisis comparativo de las ventajas e inconvenientes de los sistemas de membrana externa frente a los de membrana sumergida	
MEMBRANA EXTERNA	MEMBRANA SUMERGIDA
Costes de bombeo elevados (60-80%)	Costes de bombeo reducidos
Costes de aireación reducidos (20%)	Costes de aireación elevados (90%)
Alta presión positiva transmembrana (0,5-5 bar)	Baja presión negativa transmembrana (0,05-0,5 bar)
Flujo operación elevados (40-120 L/m ² .h)	Flujo operación reducidos (10-60 L/m ² .h)
Limpieza frecuente	Limpieza poco frecuente
Mayores costes de operación	Menores costes de operación
Inversión inicial menor	Inversión inicial mayor
Concentración MLSS alta (15-30 g/L)	Concentración MLSS media (10-15 g/L)
Mayor consumo energético (2-10 KWh/m ³)	Menor consumo energético (0,2-0,8 KWh/m ³)
Basado en Gander, et al. 2000 y Stepenson, et al. 2000	

En los biorreactores de membrana sumergida, esta se encuentra inmersa en un tanque aerobio ($\approx 98\%$ de los sistemas implantados), generalmente con difusores de aire justo debajo de la membrana para además de las funciones obvias de aireación y homogeneización del licor mezcla (agua tratada + biomasa), ayudar a mantener las membranas limpias al crearse un flujo de aire tangencial a la membrana que favorece el desprendimiento y arrastre de la película de biomasa que se deposita sobre la superficie de la misma (limpieza hidrodinámica). La fuerza impulsora empleada para conseguir el gradiente de presión entre las dos caras de la membrana que favorece el filtrado, se consigue creando una presión negativa en la zona de permeado (presión transmembrana) de entre 0,05 y 0,5 bares.

En los biorreactores de membrana externa, esta se encuentra en un módulo exento y en línea con el resto del tratamiento, por lo que es necesario bombear el licor de mezcla desde el tanque biológico a la unidad de membrana y el rechazo de los filtros de vuelta al tanque de tratamiento biológico. La alta velocidad de circulación del agua en las inmediaciones de la membrana ($40\text{-}120 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$), impide la deposición de sólidos en la superficie de la membrana y con ello su colmatación al crearse un flujo tangencial a la superficie de la membrana que ayuda a desprender y arrastrar la película de biomasa que se deposita sobre la superficie de la misma. La fuerza impulsora se consigue creando una sobrepresión en la zona de alimentación de entre 0,5 y 5 bares.

Técnicamente los diversos elementos de membrana de que se compone un sistema MBR se estructuran en un módulo de membrana, que es la unidad de operación en la que se disponen las membranas para sus usos. Los factores más a tener en cuenta a la hora de escoger un tipo de módulo, son que sea compacto y la facilidad de modulación, montaje y ensamblaje del sistema. Comercialmente se encuentran cuatro configuraciones principales

Configuración básica de los módulos MBR.



- a) **De fibra hueca:** formados por haces de fibras tubulares de alma hueca y de pequeño diámetro (<3 mm) y gran longitud (hasta 2 metros). El material de las fibras es de tipo polimérico hidrófilo con tamaños de poro de $0,04 - 0,5 \mu\text{m}$. Los haces están formados por manojos de fibras que se reúnen en conjuntos de hasta varios miles, encapsulando uno o los dos extremos del haz en resina y procediéndose a succionar desde el interior (filtrado out-in). Es el tipo de módulo más compacto ($1.000 - 10.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$), pero la presencia de tal cantidad de fibras hace que sea más propenso al ensuciamiento. Las presiones de succión son de entre $0,2$ y $0,4$ bares, el consumo energético de aproximadamente $0,8 \text{ Kwh}/\text{m}^3$, y la concentración de sólidos $10-12 \text{ kg MSS}/\text{m}^3$.

- b) **Placa/bastidor:** las membranas se agrupan en módulos de placas planas, normalmente rectangulares dispuestas una al lado de otra y en paralelo, en unidades individuales conectadas con el sistema de succión, siendo un sistema de filtración out-in. Están constituidas por polímeros hidrófilos de tamaño de poro de 0,01–2 μm . Son fácilmente desmontables, pero disponen de una baja densidad de compactado (100–400 m^2/m^3). No suelen presentar grandes problemas de ensuciamiento. Las presiones de succión son de entre 0,02 y 0,4 bares, el consumo energético de aproximadamente 0,5 Kwh/m^3 , y la concentración de sólidos 12–14 kg MSSL/ m^3 .
- c) **Tubular:** son módulos cilíndricos de 10 a 20 cm de diámetro y hasta 3 m de largo, de naturaleza cerámica, en cuyo interior se disponen las membranas poliméricas o cerámicas y de forma cilíndrica de diámetro hasta 25,4 mm y tamaño de poro de 0,1–2 μm . Son muy poco compactos pero muy robustos y pueden soportar flujos de gran velocidad, pero disponen de una muy baja densidad de compactado (20–30 m^2/m^3). Toleran aguas con altos niveles de sólidos y se limpian mecánicamente con facilidad. Las presiones de filtración son de entre 2,5 y 3,0 bares, el consumo energético de aproximadamente 0,9–3,5 Kwh/m^3 , y la concentración de sólidos 15–30 kg MSSL/ m^3 .
- d) **Enrollamiento en espiral:** Se basan en un envoltorio de dos membranas enrolladas en espiral, separadas entre sí por el colector de permeado formando un cilindro. Son módulos muy compactos (700–1.000 m^2/m^3), pero el espaciador provoca que sean bastante susceptibles de obstrucción.

2.4 CONDICIONES DE USO DE LOS SISTEMAS (MBR) DE MEMBRANA SUMERGIDA:

El esquema de funcionamiento de un sistema MBR es relativamente sencillo. Consta de un tanque de digestión, generalmente aeróbico, equipado con aireadores y donde los microorganismos depuradores constituyentes del fango biológico degradan la materia orgánica.

La separación del agua tratada y el fango se efectúa mediante un sistema de membranas que está inmerso en el propio tanque de digestión, extrayéndose el agua tratada como permeado mediante una bomba de succión. Al permanecer todo el fango en el interior del tanque, el exceso se elimina mediante una bomba, concentrándose y secándose posteriormente.

El confinamiento de la biomasa dentro del sistema biológico, permite controlar de forma exacta el tiempo de permanencia de los microorganismos en el reactor (edad del fango) e independizarlo totalmente del tiempo de retención hidráulico (TRH) o tiempo que el agua a tratar está en contacto con los microorganismos. La mayoría de las instalaciones MBR disponen además de una serie de sistemas de limpieza de las membranas, bien por métodos físicos (corriente tangencial de burbujas de aire y retrolavados) o químicos (lejía, ácido cítrico, etc.). El sistema se completa con los equipos de control, sobre todo de la cantidad de oxígeno disuelto y de presión a través de la membrana (presión transmembranal), y los automatismos necesarios para el control de los ciclos de permeado/retrolavado, aireación, etc.



2.5 ENSUCIAMIENTO DE LAS MEMBRANAS:

El ensuciamiento o fouling es el principal inconveniente de los procesos de membrana. Consiste en la deposición sobre o dentro de la membrana de diferentes elementos presentes en el agua. Pese a que el mecanismo de este proceso todavía no está del todo claro se apunta a que es consecuencia de la interacción fisicoquímica de estos elementos con la membrana. En el caso de la depuración biológica, los elementos que suelen producir el fouling son proteínas, materias coloidales o las sustancias poliméricas extracelulares (EPS) que son metabolitos excretados por la biomasa depuradora. Existen dos tipos diferenciados de fouling:

- Fouling externo o reversible. Las sustancias se depositan sobre la membrana.
- Fouling interno o irreversible. Las sustancias taponan los poros del interior de la membrana.

El fouling interno es sin duda un mayor problema que el externo ya que su eliminación es mucho más complicada y a menudo se ha de sustituir la membrana o realizar agresivos lavados químicos. Las consecuencias del fouling son realmente graves. La consecuencia más fácilmente observable es una reducción en el caudal de permeado debido a la obstrucción de los poros, ya sea en el exterior como en su interior. Como consecuencia de este hecho, se incrementa el gasto de energía. Si se quiere mantener un caudal de permeado constante, se ha de aplicar una mayor fuerza de succión lo que conlleva mayor gasto energético.

Además, el ensuciamiento de las membranas también es responsable de incrementar la frecuencia de las limpiezas y sustituciones de la membrana con las repercusiones económicas y de tiempo que esto implica.

En la actualidad existen diversos tratamientos para minimizar o eliminar el ensuciamiento de la membrana. En general se pueden dividir en métodos físicos y químicos. Los métodos físicos más empleados son el **backflushing** y la creación de la turbulencia. Como método químico se suele utilizar un lavado químico.

El backflushing consiste en una inversión del flujo de permeado para eliminar las sustancias depositadas sobre la membrana. Dependiendo de la frecuencia y la intensidad de esta inversión se pueden encontrar tres tipos de backflushing. El backwash, en el que se invierte el flujo de paso por la membrana durante un o dos segundos cada pocos minutos; el backpulse, que se realiza con una frecuencia e intensidad mayor que el backwash y el backshock que es la técnica más agresiva ya que se invierte el flujo cada pocos segundos durante menos de un segundo. La creación de la turbulencia colabora a reducir el fouling ya que dificulta la deposición de los sólidos sobre la membrana.

Tanto el backflushing como la creación de turbulencia son únicamente útiles en el caso del fouling externo. Para el fouling interno el único método realmente eficaz es el método químico. El lavado químico consiste en lavar la membrana con diferentes productos químicos como detergentes, ácidos o bases. Con este método se restituye casi completamente la membrana, pero un uso demasiado frecuente puede perjudicar a la membrana reduciendo su vida útil además de poder contaminar el agua. Conviene, pues, evitar el abuso de este método y emplearlo únicamente cuando sea estrictamente necesario.

2.6 RELAJACIÓN Y RETROPULSACIÓN O RETROLAVADO:

Los sistemas MBR tienen la capacidad única de operar tanto en modo relajación como en modo retropulsación. En condiciones normales los sistemas trabajan en modo relajación, mientras que durante la puesta en marcha o en condiciones de pobre filtrabilidad del fango el sistema se hace trabajar en modo retropulsación ó retrolavado.

Mientras se opera en modo relax, la bomba de permeado para cada tren se para secuencialmente durante un corto período de tiempo cada 10-12 minutos para permitir la purga de aire de la membrana sin permeación. No se utilizan ni reactivos químicos ni permeado durante el modo de relajación. Durante el modo de relajación, se para la permeación mientras la aireación continua para la purga de la membrana, lo cual ayuda en la eliminación de sólidos.

Bajo ciertas condiciones de destrucción y condiciones de pobreza de fangos, la capacidad para retropulsar es esencial para mantener una membrana limpia. Este hecho permite un funcionamiento del sistema fiable y flexible cuando hay influentes o escenarios de operación de proceso inesperados. La aplicación de la opción de limpieza a retropulsación es uno de los métodos más simples para asegurar que las membranas sumergidas retienen la permeabilidad óptima en todas las condiciones de operación.

La retropulsación comprende invertir el flujo a través de las membranas para expandir ligeramente los poros de la membrana y eliminar algunas partículas que se pueden haber adherido a la superficie de la fibra de la membrana. La mitad del tren de cassettes de membrana se retropulsa a la vez utilizando el permeado almacenado en el tanque de retropulsación.



Una planificación optimizada de la limpieza con retropulsación puede asegurar que el aparato se beneficie de:

- Una permeabilidad alta en la membrana;
- Eficacia en el funcionamiento de la planta con un mínimo tiempo de paro;
- Frecuencia reducida de recuperación y limpieza de mantenimiento;
- Bajo consumo de productos químicos de limpieza.

Durante el modo de retropulsación, la permeación se paran, y las bombas de permeado utilizadas dan marcha atrás al permeado a través de las membranas para limpiar los poros y eliminar las partículas de la superficie.

El proceso de limpieza de recuperación consiste secuencia de retropulsación química, similar al procedimiento de limpieza de mantenimiento, seguido por un período de remojo químico.

Las concentraciones de limpieza química que se utilizan habitualmente para remojar las membranas son de 1.000 mg/L hipoclorito sódico (NaOCl) para la eliminación de los contaminantes orgánicos y de 2,000 mg/L de ácido cítrico para la eliminación de los contaminantes inorgánicos.



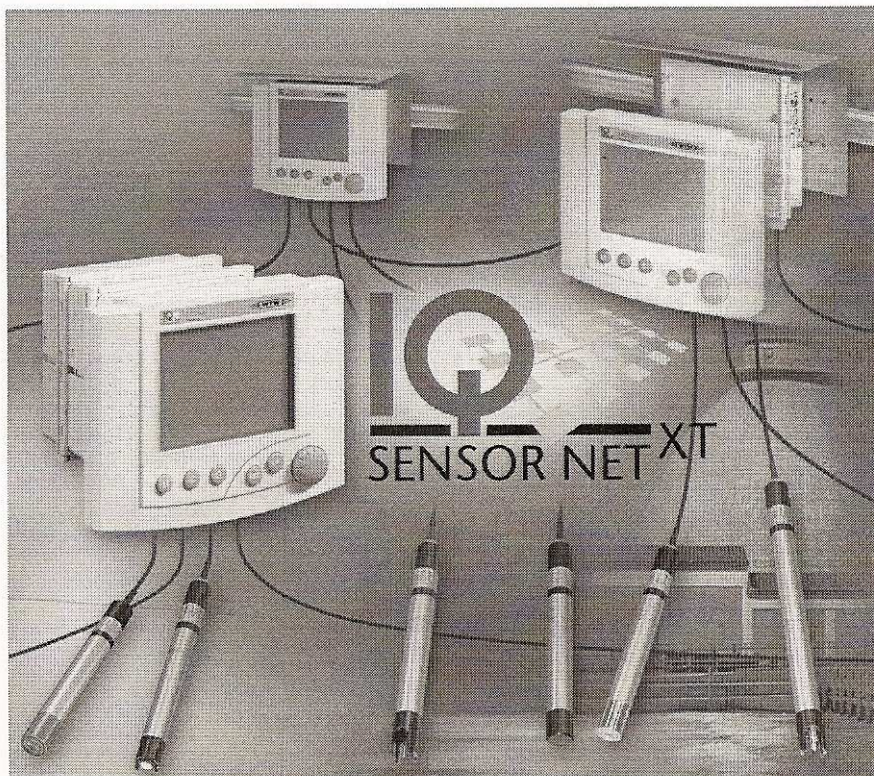
CAPÍTULO 3

IQ SENSOR NET

3.1 Introducción al IQ SENSOR NET SISTEMA 184 XT:

IQ Sensor net es un sistema de medición para mediciones precisas en línea. Este dispositivo puede medir desde el pH, redox, oxígeno y temperatura, pasando por la turbidez y los sólidos disueltos, hasta el amonio, el nitrato y la DQO.

Sistema modular de medición multiparamétrico:



El sistema de medición IQ Sensor Net tiene unas características particulares de seguridad para el funcionamiento a prueba de fallos como las siguientes:

- Protección integrada contra rayos (sobrecargas de mayor y menor intensidad).
- Estado programable en caso de error.
- Reinicio automático en caso de fallo en el suministro eléctrico.
- Controlador redundante opcional para un 100% de disponibilidad.
- Software para almacenar, conservar, documentar y restaurar la configuración del sistema.

El sistema de medición IQ Sensor Net presenta una sencilla instalación mediante:

- Tecnología de conexión de dos hilos.
- Conexión tipo plug & play para el número de sensores IQ que se deseen instalar.
- Fácil expansión del sistema con la simple adición de módulos o sensores.
- Instalación de los componentes donde los necesite (por ejemplo, salidas analógicas cerca del controlador lógico programable o directamente en la sala de control).



Los sensores IQ con interfaz digital nos permite:

- Amplias distancias entre los sensores y entre el sensor y el sistema de medición.
- Transferencia de señales inmune a interferencias.
- Los datos de calibración se almacenan en el sensor y la calibración puede realizarse en el laboratorio.

La estructura modular y la comunicación digital del sistema IQ le permiten:

- Combinaciones analógicas y digitales.
- Clara presentación gráfica de los valores de medición
- Transferencia, almacenamiento y evaluación digitales de los valores de medición.

La elección de este dispositivo, IQ Sensor Net sistema 184 XT, y no otro para nuestro reactor biológico es debido a que el sistema 184 XT es particularmente apropiado para plantas convencionales en las cuales el usuario quiera reunir las ventajas de la tecnología de sensores digitales con la simplicidad de los instrumentos convencionales.

Hay que señalar que nuestro reactor biológico se encuentra en un estado experimental, y no dispone de características estandarizadas, de ahí la elección de escoger una tecnología de sensores digitales con la simplicidad de los instrumentos convencionales, para poder adaptarlos así lo mejor posible.

3.2 Estructura y configuración del sistema:

El IQ SENSOR NET es un sistema de análisis modular de medición en línea. Modular significa que los principales unidades funcionales del sistema de medición se distribuyen en los componentes que pueden ser compilados por separado para aplicaciones especiales.

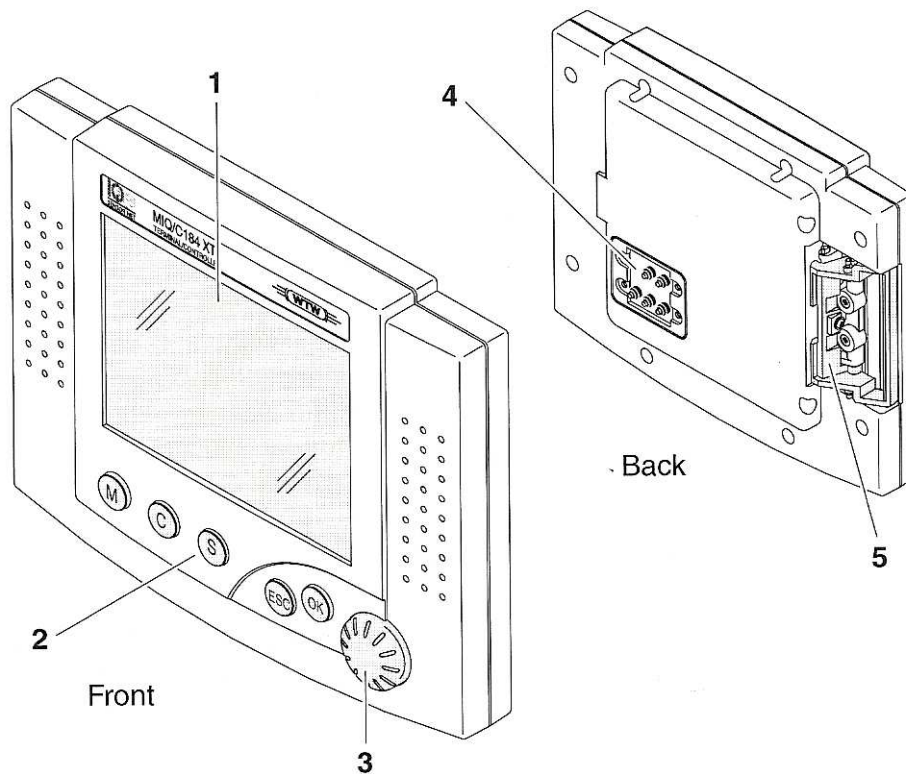
Las principales unidades funcionales del sistema IQ SENSOR NET 184 XT incluyen:

- Terminal / Controlador.
- Módulos MIQ.
- Sensores IQ.
- Entradas (Entradas de corriente).
- Salidas (Contactos de relé, salidas de corriente, válvula de salida.)
- Terminales adicionales (PC).

La terminal del MIQ/C184 XT / controlador combina las funciones de control y terminal. Es un componente básico del sistema 184 XT y, por lo tanto, siempre estará presente en el sistema. La terminal / controlador está conectado con el sistema de acoplamiento en la tapa frontal libre de un módulo MIQ.

Desde la terminal MIQ/C184 XT podemos visualizar todos los datos obtenidos de nuestros sensores IQ, esta información se refleja en la pantalla frontal del terminal, además desde el terminal / controlador podemos configurar todas las opciones del sistema como por ejemplo, alarmas, magnitudes de medida, lista de sensores y módulos ...

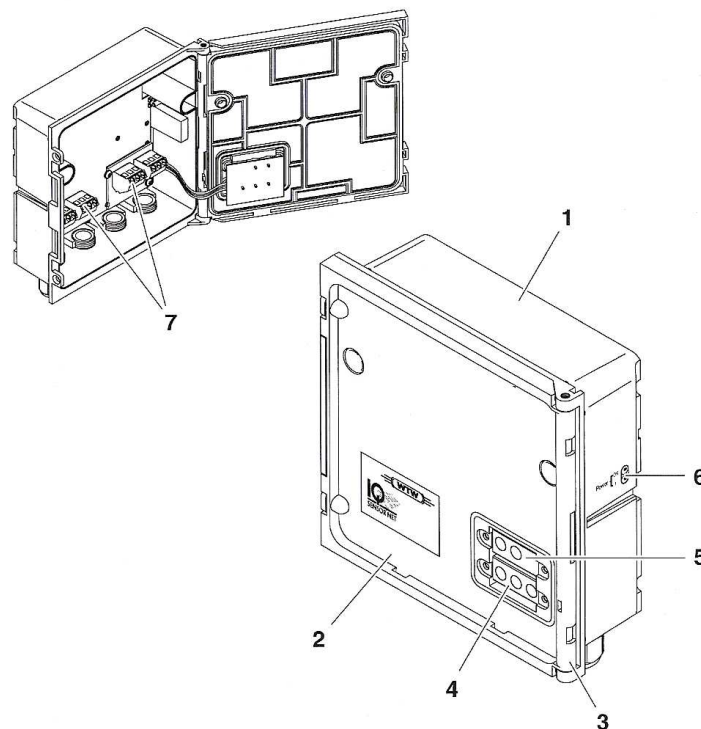
MIQ/C184 XT



1. Pantalla gráfica.
2. Panel de control.
3. Mando giratorio.
4. Conexiones de acoplamiento.
5. Mecanismo de acoplamiento.

Los módulos MIQ son varios, y tienen diferentes funciones. Todos los módulos tienen características comunes en estructura y montaje, pero cada uno tiene después una función específica.

En nuestro proyecto tenemos los siguientes módulos: MIQ/PS ; MIQ/CR3 ; MIQ/CHV ; MIQ/IF232; MQ/VIS.



1. Carcasa.
2. Tapa frontal.
3. Bisagra.
4. Contactos para la tensión y la comunicación.
5. Contactos para la función de la identidad local.
6. Led de voltaje.
7. Terminal de cableado.

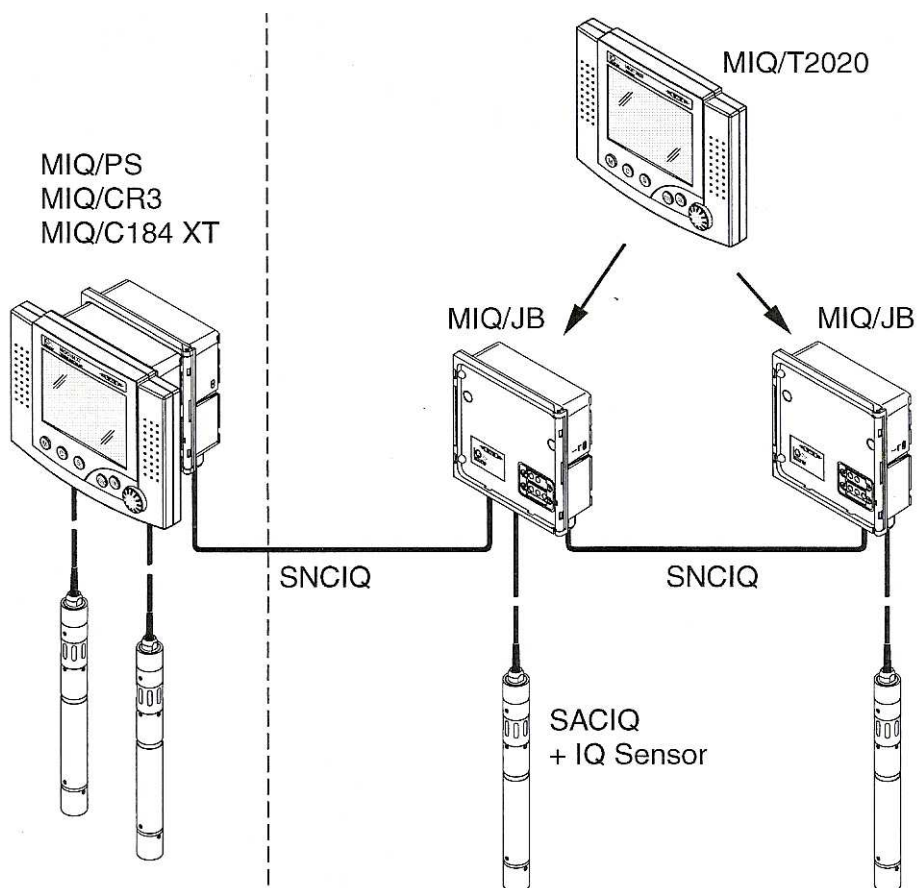
La máxima configuración que podemos tener en nuestro IQ SENSOR NET sistema 184 XT, es la siguiente:

<u>Componentes o recursos.</u>	<u>Número máximo.</u>
Terminal/Controlador MIQ/C184XT	1
Sensores IQ	12
Localización de los terminales pueden estar ocupados por: <ul style="list-style-type: none">➤ MIQ/T2020➤ MIQ/T2020 PLUS➤ MIQ/T2020 PC software	2
Canales de salida pueden estar ocupados por: <ul style="list-style-type: none">➤ Corrientes de salida➤ Relés de salida➤ Válvulas de salida	36
Módulo de suministro de energía (MIQ/PS)	6
Módulos de ramificación (MIQ/JB)	15
Módulos de ramificación con un procesador de señales integrado (MIQ/JBR)	2

En nuestro proyecto para el reactor biológico de fangos, al ser un montaje relativamente mas pequeño que el de una planta convencional, al usar únicamente 4 Sensores IQ, no nos han sido necesarios los módulos de ramificación MIQ/JB.

En la configuración del sistema tenemos dos montajes básicos para conectar los MIQ Módulos.

- Stack Mounting (Montaje en pila) - permanente conexión mecánica y eléctrica. Las cajas de los módulos MIQ están permanentemente montados unos sobre otros, formando una pila. Cableado entre módulos no es necesario.
- Distributed Mounting (Montaje distribuido) - la conexión eléctrica de los módulos es vía cable. Mediante el cable SNCIQ se pueden conectar los módulos entre sí.



3.3 Instalación Eléctrica del MIQ/C184XT:

3.3.1 Consumo y suministro de potencia:

Hasta 12 sensores IQ de cualquier tipo pueden ser utilizados en el sistema 184 XT . Se pueden conectar a cualquier MIQ módulo que tiene una conexión libre para la red de sensores IQ. La conexión entre el sensor y el MIQ módulo se realiza a través del cable de conexión de sensores SACIQ. El cable de conexión de sensores IQ está conectado con el enchufe del conector de la cabeza del sensor IQ roscado a través de un zócalo de forma que la conexión sea impermeable.

A la hora de realizar la instalación eléctrica, lo primero que se debe hacer es un cálculo de la potencia eléctrica que vamos a generar, y la potencia eléctrica que van a consumir nuestros componentes. Para ello debemos consultar las siguientes tablas de consumos en [W] de los componentes del sistema:

Component	Power requirement [W]
<i>IQ sensors</i>	
SensoLyt® 700 IQ (SW)	0.2
TriOxmatic® 700 IQ (SW)	0.2
TriOxmatic® 701 IQ	0.2
TriOxmatic® 702 IQ	0.2
CelloX® 700 IQ	0.2
TetraCon® 700 IQ (SW)	0.2
VisoTurb® 700 IQ	5.0
ViSolid® 700 IQ	2.0
AmmoLyt® 700 IQ	0.2
NitraLyt® 700 IQ	0.2
VARiON 700 IQ	0.2
NitraVis® 700/x IQ (TS) + MIQ/VIS	7.0
CarboVis® 700/x IQ (TS) + MIQ/VIS	7.0

Consumos de los módulos:

MIQ modules

MIQ/JB	0
MIQ/JBR	0
MIQ/CR3	3.0
MIQ/C6	3.0
MIQ/R6	1.5
MIQ/IC2	0.2 + 2.2 W per connected WG 20 A2 power supply/isolator
MIQ/CHV	2.0
MIQ/CHV PLUS	1.0
MIQ/Blue PS	0.6

Y por último, los consumos de los Terminales / Controladores:

Terminal, Controller

MIQ/C184 XT	3.0
MIQ/T2020	3.0
MIQ/T2020 PLUS	3.0
MIQ/IF232 (+ MIQ/T2020 PC)	0.2

Las tablas que se muestran anteriormente, muestran los consumos de todos los sensores, módulos y terminales / controladores que puede soportar el sistema IQ Sensor Net 184 XT. En este proyecto de monitorización en línea de un reactor biológico de fangos, no usamos todos los componentes que se citan en las tablas anteriores, se usan un número muy inferior de componentes.

Los motivos que nos llevan a usar menos componentes son principalmente:

- Muchos no cumplen los requisitos para el estudio del reactor
- Espacio limitado, nuestro laboratorio no es de dimensiones muy grandes.
- Factor económico, todos los sensores y demás componentes harían una suma de dinero considerable.

Los componentes finalmente utilizados en el proyecto son:

Terminales controladores: MIQ/C 184XT, MIQ/IF232 (+MIQ/T2002 PC).

Módulos: MIQ/PS, MIQ/CR3, MIQ/CHV.

Sensores: TRIOXMATIC 700 IQ, TETRACON 700 IQ, VISOTURB 700 IQ, CARBOVIS 700 + MIQ/VIS.

La suma total de potencia consumida en nuestro sistema para el reactor biológico de fangos es igual a **20.6W**

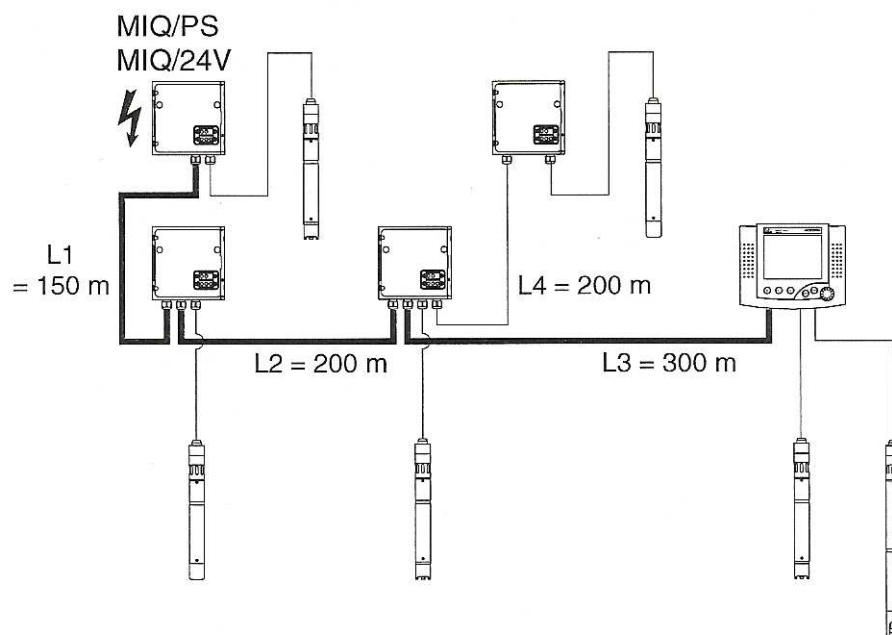
Para saber cuantos módulos de suministro de potencia MIQ/PS son necesarios tendremos que tener en cuenta:

Total power requirement P	Number of MIQ power supply modules
$P \leq 18 \text{ W}$	1
$18 \text{ W} < P \leq 36 \text{ W}$	2
$36 \text{ W} < P \leq 54 \text{ W}$	3
$54 \text{ W} < P \leq 72 \text{ W}$	4
$72 \text{ W} < P \leq 90 \text{ W}$	5
$90 \text{ W} < P \leq 108 \text{ W}$	6

Observando la tabla anterior, llegamos a la conclusión que para nuestro caso, debido a que tenemos un consumo de potencia mayor que 18W, no nos bastará con un único MIQ/PS, tendremos que instalar dos para abastecer a todo nuestro sistema.

Otro factor a tener en cuenta en el cálculo de potencias, son las pérdidas que se producen en el cableado. Si la suma total de cable usado en la instalación supera los 400m, habría que tener en cuenta en nuestro cálculo de potencia consumida una suma adicional de 5W, un ejemplo sería:

$$L = L1 + L2 + L3$$

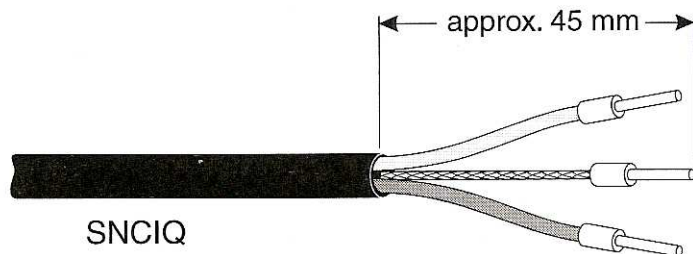


En nuestro proyecto, no superamos los L=400m de longitud, por lo cual las pérdidas en el cableado no las tendríamos en cuenta.

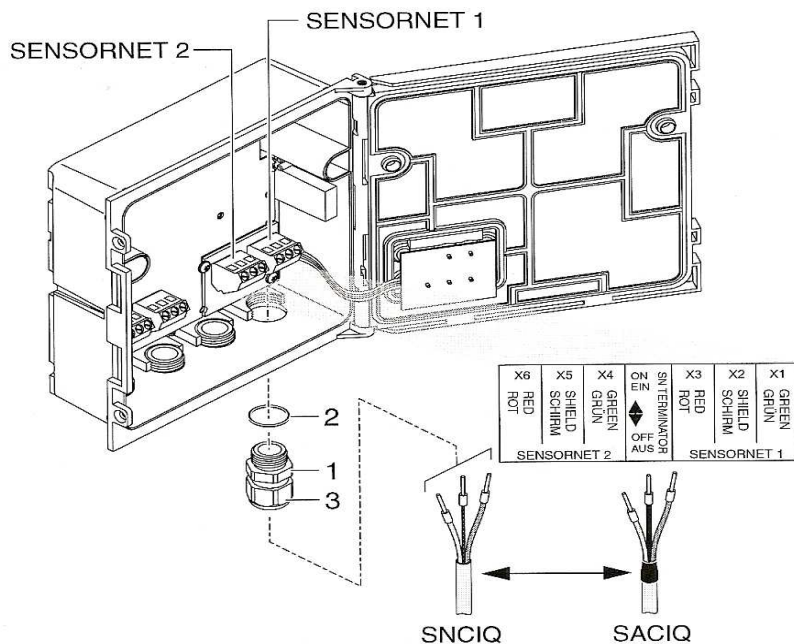
3.3.2 Conexiones eléctricas:

Las conexiones eléctricas que vamos a tener en nuestro sistema
MIQ/C 184XT van a ser de dos tipos:

- Mediante el cable SNCIQ.



- Mediante el acoplamiento en pila de los módulos.



Cada módulo tiene una fila de bornes en su interior. Los dos bornes que se observan en el esquema anterior, los que están situadas a la derecha del terminal, están siempre reservados para la conexión de los nuevos componentes de IQ SENSORNET (designación "SENSORNET 1" y "SENSORNET 2").

Algunos módulos tienen conexiones adicionales "SENSORNET" ("SENSORNET 3" y "SENSORNET 4") a la izquierda de la terminal. Aun así hay que comentar que lo anterior es muy en general dentro de los módulos, hay que especificar un poco más en las conexiones de cada módulo, ya que hay diferencias considerables.

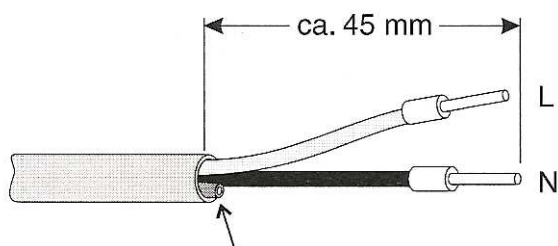
3.4 Funciones y conexiones de los módulos:

3.4.1 MIQ/PS:

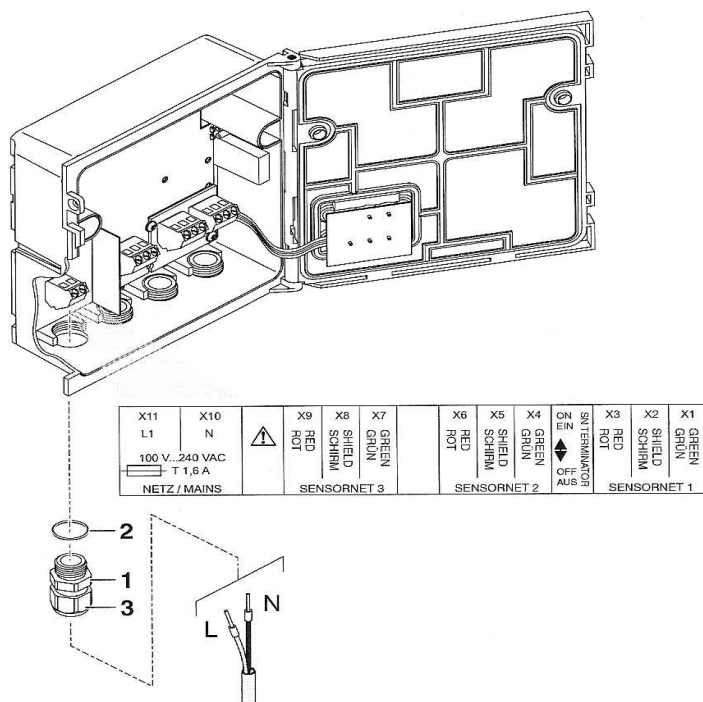
La utilidad principal del módulo MIQ/PS es la de suministrar la energía eléctrica al IQ SENSORNET. El número de módulos que hay que usar para las diferentes instalaciones de IQ SENSORNET que se puede conseguir usando el método explicado anteriormente, calculando la potencia que consumen todos nuestros componentes y después mirando la tabla para elegir el número de MIQ/PS que están dentro de nuestro rango de potencias consumidas.

El IQ SENSORNET establece una serie de opciones para la integración de los MIQ/PS mecánicos y eléctricos en el sistema (Montaje en pila, montaje distribuido).

La principal diferencia de este módulo con el resto de módulos, es la conexión con la red. Al cable SNCIQ le tenemos que cortar el cable de tierra ó cable de protección ya que la protección de este módulo nos lo suministra en caso de cortocircuito, los interruptores automáticos de el laboratorio.



La conexión del módulo MIQ/PS quedaría de la forma que se observa en el esquema siguiente:



3.4.2 MIQ/CR3:

La combinación del módulo de salida MIQ/CR3 tiene tres salidas. Puede vincular los productos actuales y salidas de relé de sensores. La relación actual de los productos y salidas de relé, por ejemplo, puede ser utilizado para controlar los sensores o para la salida de los datos de medición. Las señales de las salidas de relé pueden utilizarse para funciones de supervisión general.

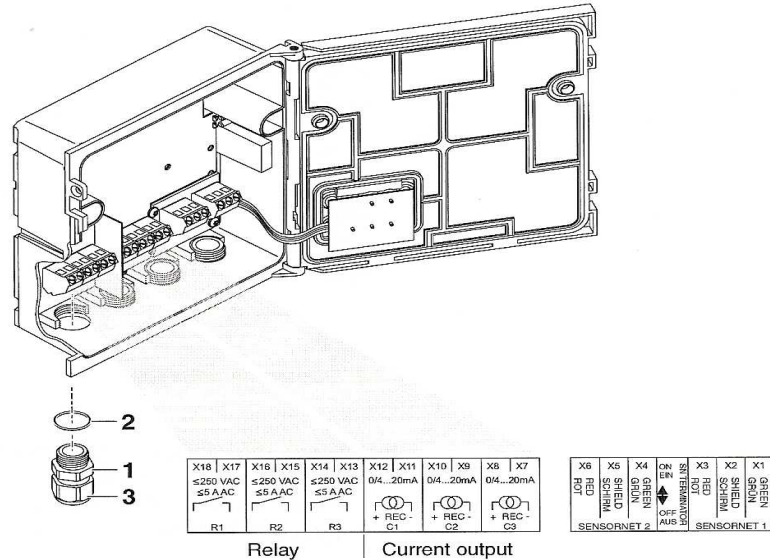
La estandarización de los módulos MIQ, suponen que la combinación de salida del módulo tiene las mismas características que todos los módulos MIQ respecto a la estabilidad, estanqueidad y resistencia. También ofrece la misma amplia variedad de opciones de instalación (Montaje en pila, montaje distribuido).

Las funciones que tienen los relés de salida del MIQ/CR3 son:

- Supervisión del sistema.
- Supervisión del sensor.
- Indicador de limitación.
- Salida de frecuencia.
- Ancho de pulso de salida.
- Limpieza.
- Contacto de alarma.
- Control manual.

Las funciones que tienen las salidas de corriente:

- Contador.
- Valor fijo de corriente.
- Controlador PID.



Información básica sobre las funciones del relé pueden clasificarse en supervisión, indicador de limitación y salida proporcional.

Cuando se utiliza un relé de supervisión, el relé actúa (abriendo y cerrando) el contacto y se produce cuando se producen ciertos estados.

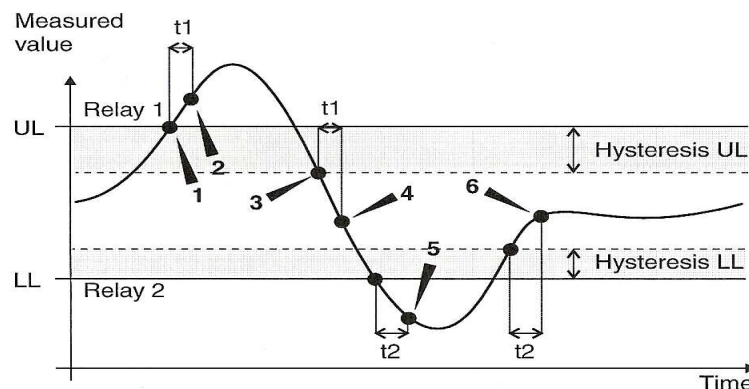
Esta función es la adecuada, para el control de errores en el sistema.

Con el indicador de limitación, el relé conmuta cuando un determinado valor límite se excede o queda por debajo del rango permitido.

Los indicadores de limitación pueden usarse de las siguientes maneras:

- Supervisión del valor límite mediante un relé: Cuando un valor límite (superior o inferior valor límite), se supera o queda por debajo, un relé conmuta. Se abre o se cierra dependiendo de por donde se sobrepase el valor.

- Supervisión del valor límite mediante dos relés: Si la parte superior de los valores límites se excede o queda por debajo, un relé conmuta, y si el menor valor límite se excede o queda por debajo, otro relé conmuta. El abrir o cerrar el relé es posible en cada caso.



En el caso de la salida proporcional, un relé conmuta cíclicamente en un determinado rango de valor de medición(rango proporcional). Al mismo tiempo, el relé conmuta con:

- Duración de la operación que corresponde al valor medido
- Frecuencia de conmutación

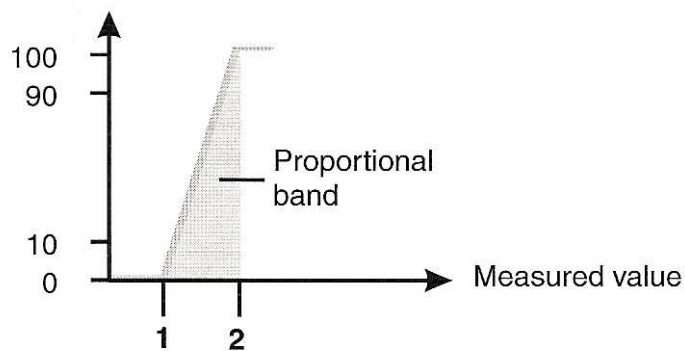
Las salidas proporcionales pueden ser usadas de las siguientes maneras:

- Salida con un relé: Se define un rango de salida con un valor de inicio y un valor de fin. El relé no actúa por encima y por debajo del rango de salida.

- Salida con dos relés: Un rango de salida se define para cada relé con un valor de inicio y un valor de fin. Un relé se encarga de la parte superior del rango, y otro relé de la parte inferior.

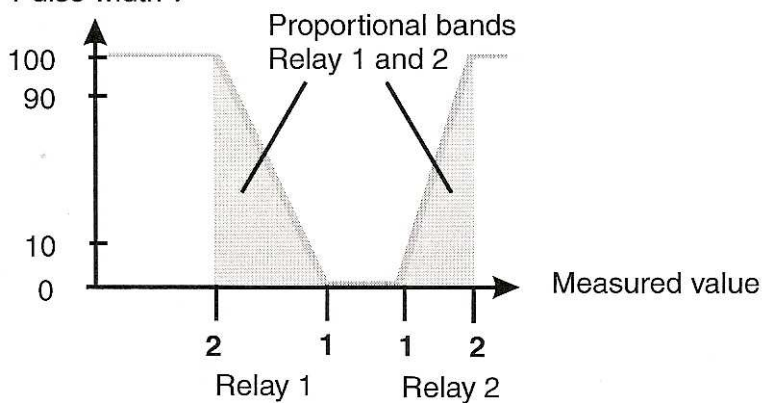
Salida con un relé:

Switching frequency f or
Pulse width v



Salida con dos relés:

Switching frequency f or
Pulse width v



3.4.3 MIQ/CHV:

El MIQ/CHV válvula conmutable, proporciona un módulo con una válvula de aire comprimido para el funcionamiento del sistema de limpieza de cabezas del sensor de carbono.

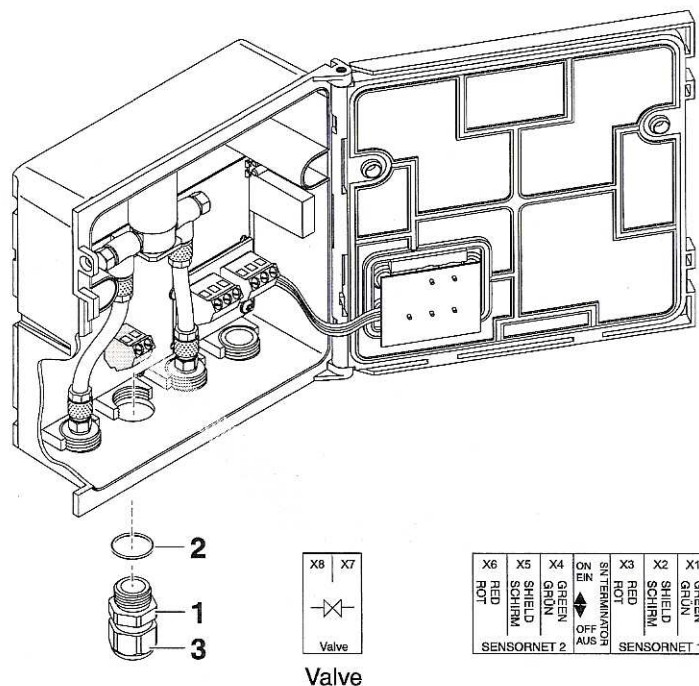
Este aire comprimido es suministrado por un compresor que tenemos en el exterior del laboratorio junto al tanque de almacenamiento de las aguas residuales. La presión que lleva el circuito es variable, puede oscilar entre 4 a 7 bares libres de humedad. La válvula está controlada a través de un conmutador externo. La apertura o cierre de la válvula se puede producir por:

- El relé de un IQ SENSOR NET MIQ/CR3 combinado módulo de salida.
- El relé de un convertidor de medición con la opción R
- Cualquier otro conmutador (relé o el sensor)

En nuestro caso, está controlado por un conmutador relé específico para este fin. Se trata de un módulo que se encuentra junto al CarboVIS 700 IQ y se llama MIQ/VIS, y su función es la comentada anteriormente, controlar la válvula de aire comprimido del MIQ/CHV.

El consumo del módulo MIQ/VIS va incluido con el consumo del sensor CarboVis 700 IQ.

Las conexiones eléctricas del módulo MIQ/CHV se pueden observar en el esquema de la página siguiente:



Como se puede observar el en esquema de conexiones, la principal diferencia con el resto de módulos del IQ sensor net, es la válvula, por lo demás tiene las conexiones Sensornet 1 y Sensornet 2 para la conexión de nuevos componentes.

A continuación, en los siguientes cuatro capítulos se explicarán los funcionamientos de los sensores de nuestro sistema, que complementarán mucha de la información que se nos a aportado en este capítulo.



CAPÍTULO 4

SENSOR DE OXÍGENO

TriOxmatic 700 IQ

4.1 Introducción a la medición de Oxígeno:

La medición confiable y continua de oxígeno disuelto en línea juega en varias áreas de la gestión de recursos acuíferos y aguas residuales un papel cada vez más importante. La disponibilidad de mediciones de valores de concentraciones precisos y en tiempo real es una necesidad imprescindible para el monitoreo y el control dinámico de procesos que aseguren una operación eficiente del reactor biológico de fangos.

En el proceso de remoción de nutrientes biológicos en las plantas de tratamiento de aguas residuales, la medición precisa y continua de la concentración de oxígeno "O.D" es un requisito básico para el funcionamiento óptimo y sin problemas.

La eficiencia del proceso de depuración biológica tanto en la etapa de nitrificación como en la de desnitrificación está influenciada por la calidad de la regulación de aireación, es decir, por la regulación dependiente de carga de la oxigenación.

En presencia del O.D, las bacterias nitrificadas convierten la amonía en nitratos. La actividad de los microorganismos depende de la concentración de oxígeno con un límite económico de alrededor de 2mg/l. Concentraciones más altas de oxígeno no incrementan la velocidad de degradación.

Controlar la operación del aireador al mínimo dependiendo de la concentración de oxígeno requerida puede significar importantes ahorros en el consumo de energía y mantenimiento ya que el aireador es una de las partes de mayor consumo de energía de la planta de tratamiento biológico de aguas residuales.

El oxígeno residual en los sedimentos tiene un impacto negativo en las condiciones de desnitrificación. Por esta razón, es deseable una concentración mínima de "O.D" aunque por otra parte, debe ser suficiente para lograr una total desnitrificación en los sedimentos activados. Solo el uso de instrumentos en línea precisos y confiables pueden garantizar una operación eficiente y un ahorro de energía en el control del proceso.

TriOxmatic 700 IQ:

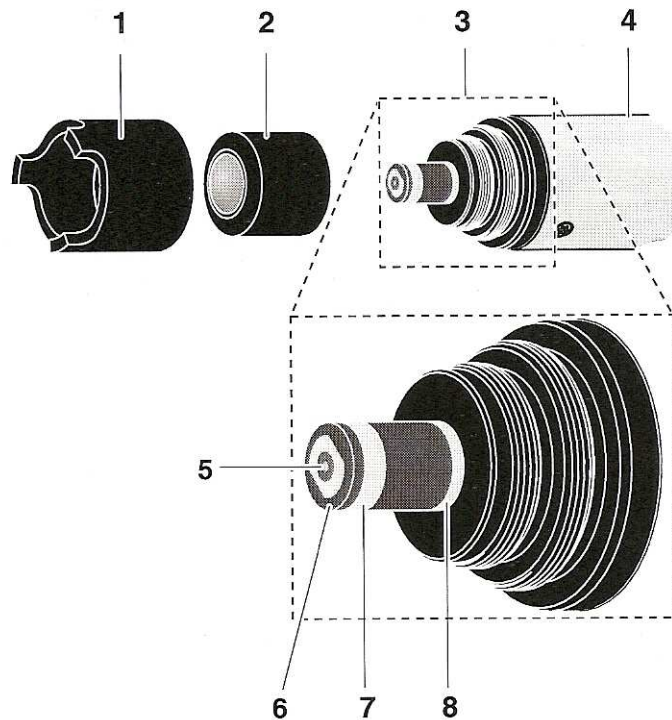


4.2 Estructura y características del TriOxmatic 700 IQ:

TriOxmatic 700 IQ es una sonda de oxígeno de uso universal para la medición y regulación de la aireación por oxígeno en las etapas de depuración biológica de plantas de tratamiento. La membrana, la velocidad de flujo y el tiempo de reacción son iguales a los de una sonda analógica, pero al ser digital cuenta con memoria de valores de calibración para la conexión con el IQ Sensor Net.

A continuación se muestran muchas de sus características en su funcionamiento:

- Gran exactitud: La sonda tiene un margen de error extremadamente escaso de 1% del valor medido como máximo (por ejemplo, apenas 0.02 mg/l de un valor de medición de 2 mg/l), independientemente de si se mide en la parte inferior o en la parte superior del rango.
- No requiere cambiar la cápsula de membrana: No es necesario cambiar regularmente la cápsula de la membrana (si este cambio llegase a ser necesario, sería sólo después de algunos años, dependiendo del campo de aplicación).
- Membrana especial que no requiere mantenimiento: En todos los principios de medición de oxígeno, independientemente de si son electroquímicos u ópticos, la membrana o la cápsula de la membrana desempeña una función importante. Si la membrana o su cápsula están contaminadas o se forma una capa biológica en ellas, los valores medidos serán erróneos. El TriOxmatic 700 IQ utiliza en estos casos una membrana de teflón que, al contrario de lo que ocurre con otros materiales como, por ejemplo, la silicona, es extremadamente resistente a las formaciones biológicas. De este modo se puede omitir el uso de una unidad de limpieza adicional en la mayoría de las aplicaciones.



1. Cápsula de protección.
2. Cabezal de la membrana.
3. Parte principal del sensor TriOxmatic 700 IQ
4. Cuerpo del sensor
5. Electrodo de oro. (Cátodo).
6. Aislante
7. Contraelectrodo de plata. (Ánodo)
8. Electrodo de referencia.



- Auto verificación para una operación segura: Todos los componentes relevantes para la medición como, por ejemplo, las membranas, son vigilados automáticamente (por ejemplo, contra daños) y se indicará cualquier error que ocurra eventualmente; por lo tanto, no es necesario efectuar ni controles visuales regulares ni cambios preventivos de las cápsulas de membrana.
- Lecturas estables desde el inicio: La sonda mide desde la primera vez valores estables y, por tanto, reproducibles sin comportamiento de adaptación inicial, sin desviaciones a largo plazo y sin desviaciones del punto cero gracias al principio patentado TriOxmatic.
- Óptima protección contra interferencias: Elevada precisión y resistencia a las interferencias mediante un amplificador integrado. Gracias a los componentes electrónicos activos integrados en el sensor, las sensibles señales de la sonda se procesan directamente en el sitio y se convierten en una señal de baja impedancia, inmune a interferencias.
- Protección integrada contra rayos: Un dispositivo suavemente eficiente integrado en la sonda la protege a ésta y al convertidor contra grandes impulsos de energía eléctrica que con frecuencia ocurren con los rayos.

4.3 Principio de funcionamiento del TriOxmatic 700 IQ:

Al contrario de las sondas de oxígeno usuales de membrana recubierta y con 2 electrodos, el sensor TriOxmatic 700 IQ, funciona con un sistema de 3 electrodos como se ha podido observar en los gráficos anteriores.

Son 3 electrodos accionados potencioestáticamente.

Desde el punto de vista técnico, esto significa que el cabezal de medición que se encuentra al lado del electrodo colector A (cátodo de oro) no está equipado con uno, sino con dos electrodos de plata. Uno de ellos cumple la función de contraelectrodo G conduciendo corriente, mientras que el otro actúa de electrodo de referencia R y está libre de ella.



Esto hace que la constante de potencial del electrodo de referencia sea mucho mayor, lo que a su vez conlleva tanto a una mayor estabilidad de la señal de la sonda como a una mayor exactitud. La técnica de 3 electrodos permite, además, controlar la carga electrolítica con precisión: el sistema indica cuándo ha llegado el momento de cambiar la solución electrolítica.

4.4 CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SENSOR:

Durante la operación que realiza el sensor de medición de O.D , la pendiente de las medidas de O.D del sensor cambia con el tiempo. El procedimiento de calibración determina la pendiente actual del sensor. El sensor siempre debe estar calibrado antes de medir a intervalos regulares (dependiendo de la demanda).

El sensor TriOxmatic 700 dispone de una función de chequeo que sirve para saber si el sensor debe ser limpiado y calibrado.

La función de chequeo del sensor debe realizarse con % de oxígeno disuelto en saturación. El sensor posee una serie de ajustes disponibles con varias magnitudes y escalas de medidas, entre ellas la nombrada anteriormente y las siguientes:

Ajuste	Selección/Valores	Explicación
Modo de medida	<ul style="list-style-type: none">• Concentración• Saturación	Unidad del valor medido sobre la indicación del valor de medición
Rango de concentración de la medida.	<ul style="list-style-type: none">• 0... 60.0 mg/l• 0... 60.0 ppm	Estos rangos de medición están disponibles para su selección.
Rango de saturación de la medida.	<ul style="list-style-type: none">• 0...600%	El rango de medición es establecido de forma permanente.



Ajuste	Selección/Valores	Explicación
Modo temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • °C • °F 	Las unidades de temperatura en Celsius o Fahrenheit.
Salinidad	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido • Apagado 	Determina si la salinidad debe tenerse en cuenta
Salinidad de entrada	2.0...70.0	La entrada de la salinidad permite un contenido de sal de corrección que compensa el efecto de la sal contenido > 0,1% en la medición de oxígeno. El contenido de sal de corrección se recomienda para las mediciones en agua salada contaminada con aguas residuales (salinidad >= 2,0 correspondiente a una conductividad de >= 3,4 mS/cm a una temperatura de referencia Tref = 20 ° C).



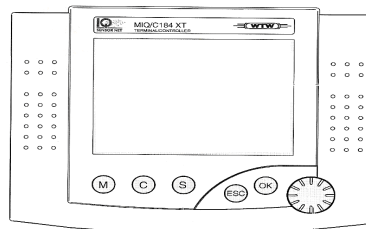
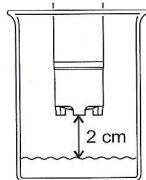
Ajuste	Selección/Valores	Explicación
Ajustes de Temperatura	-1.5K ... +1.5K	<p>La compensación de temperatura permite que las tolerancias de la temperatura del sensor a ser equilibrados (el desplazamiento de punto cero de + - 1.5K). Notas:</p> <p>Debido a la capacidad térmica del sensor, es necesario colocarlo en un recipiente con al menos 2 litros de agua.</p> <p>Deje el sensor en este recipiente por lo menos 15 minutos agitando de vez en cuando hasta que el equilibrio se puede realizar.</p> <p>Para las diferencias de temperatura entre el agua y sensor > 10 ° C, dejar el sensor de al menos 1 hora en este contenedor hasta que el equilibrio se pueda realizar.</p>

La función de chequeo debe realizarse siempre en agua-aire saturado, leer el valor medido y determinar si se encuentra dentro del rango de precisión requerido por el usuario. Si el valor medido se encuentra dentro del rango de precisión requeridos por el usuario, la limpieza y el recalibrado no es necesario.

Si el valor medido se encuentra fuera del rango de precisión requeridos por el usuario, se limpia el sensor y el eje de la membrana y se calibra el sensor.

El proceso de calibrado se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Si es necesario limpie y seque el sensor y la membrana.
2. Inicio de calibración, seguir las instrucciones que se nos indica en el Terminal/Controlador MIQ/C184XT , en la pantalla hasta la instrucción de traer el sensor a la posición de calibración.



3. Colocar el sensor en la posición de calibración. Para ello, el sensor debe estar en una posición de aproximadamente 2 cm por encima de una superficie de agua, mejor en un estrecho cubo o recipiente similar con el agua.

Al hacerlo, el líquido no debe estar sobre la membrana.

Hasta este punto, puede romper el procedimiento de calibración en cualquier momento con el "ESC" . El sistema sigue trabajando con los antiguos datos de calibración.



4. Continuar con "OK", los datos de calibración se determinan automáticamente y el documento en el registro de calibración

5. Complete el procedimiento de calibración de acuerdo con las instrucciones en la pantalla.

Posibles resultados de la calibración:

Pantalla en blanco, en el lugar del TriOxmatic.	Comprobar la libreta de entradas.
Indicación del valor de medición	Sensor se ha calibrado. Para los datos de calibración, consulte la historia de calibración.
"---"	<p>El sensor no ha podido calibrarse. Sensor para la medición bloqueado</p> <ul style="list-style-type: none">• El sensor de servicio inmediatamente (mirar el manual del operario).• Ver el historial de calibración.• Compruebe la calibración de las condiciones y la calibración estándar.

En cuanto al mantenimiento de este sensor, debemos tener muy en cuenta principalmente la limpieza. Para realizar operaciones de mantenimiento, ya sea la limpieza u otra operación, es necesario que quitemos el sensor de la posición de medición para evitar reacciones no deseadas en productos vinculados a nuestro sensor.

Limpieza del eje y la membrana del sensor:

Para un funcionamiento normal (por ejemplo, en aguas residuales municipales), la limpieza y la calibración se deben realizar encarecidamente cuando:

- En el caso de la contaminación, sea ,muy abundante.
- En el caso de sospecha que los valores medidos son incorrectos (por lo general demasiado bajos).
- Si el valor medido se encuentra fuera del rango de precisión requeridos por el usuario durante la función de verificación.

En nuestro caso, en el reactor biológico de fangos, hay que tener en cuenta estos tres factores de manera aun más rigurosa, debido a que nuestros niveles de contaminación son muy altos y la importancia de que las medidas sean fiables es total, ya que nuestra planta está en estado experimental.

Agentes de limpieza:

Contaminación	Agentes de limpieza
Para los lodos y suciedad adherida poco, depósitos o biológicas	Paño suave o esponja suave, caliente con detergente y agua del grifo
Sal y/o depósitos de cal	Ácido acético (porcentaje del volumen = 20%), paño suave o esponja suave

4.5 Ajustes experimentales del sensor a nuestro reactor :

Como anteriormente se a descrito, nuestra planta y nuestro reactor biológico de fangos, están en una situación totalmente experimental. EL IQ Sensor Net y todos sus componentes están diseñados y preparados para unas condiciones más o menos estandarizadas.

Debido a ello, me he visto obligado a realizar diversos ajustes tanto en el sensor como en el reactor para obtener un óptimo resultado y un correcto funcionamiento.

En primera instancia, el sensor TriOxmatic 700 IQ cumplía los requisitos para un buen funcionamiento dentro de nuestro reactor biológico de fangos, ya que no le afectaban distancias mínimas entre paredes, temperatura de funcionamiento, luz solar etc.

Una vez que se le aplicaba al TriOxmatic 700 IQ un correcto calibrado y puesto en situación de medición, se observaba un correcto funcionamiento del sensor. El problema aparecía transcurrido unos minutos, y de una forma progresiva, la medición del oxígeno disuelto iba descendiendo progresivamente hasta llegar al valor de cero. Observando el problema, se llego a la conclusión de que el sensor iba poco a poco contaminándose y así perdiendo eficacia en la medición.

La solución a este problema era tan simple como una limpieza periódica de manera manual, ya que este sensor no tiene sistema de autolimpieza. Después de un periodo de tiempo, volví a observar que la contaminación del sensor era demasiado rápida, lo cual suponía otro inconveniente, ya que en el laboratorio no hay personal las 24 horas del día para realizar las limpieza del sensor.

La caída progresiva de las medidas del sensor era debida a la alta concentración de contaminación que hay dentro de nuestro reactor. La solución por la que se optó fue sacar el sensor TriOxmatic 700 IQ fuera del reactor biológico de fangos, y colocarlo en línea con el reactor mediante un circuito de recirculación de agua impulsado con una bomba especial para el achique de aguas sucias.

Esta bomba, situada dentro del reactor biológico de fangos crea un flujo de agua que circula hacia fuera del reactor pasando por el TriOxmatic 700 IQ favoreciendo así que no se deposite contaminación en el cabezal de la membrana de medición. Después de pasar por nuestro sensor, el flujo de agua vuelve al reactor, produciéndose así una recirculación completa.

Esta solución fue muy buena pero no se pudo considerar definitiva, ya que hay que seguir con la limpieza periódica del sensor, debido a que sigue contaminándose con bastante frecuencia.

Este sensor, el TriOxmatic 700 IQ, que a priori parecía que era el que mejor se iba a adaptar a nuestras condiciones no estandarizadas, ha resultado finalmente lo contrario. Por último comentar que se sigue trabajando para encontrar una solución aún mas efectiva.



CAPÍTULO 5

SENSOR DE CONDUCTIVIDAD TetraCon 700 IQ



5.1 Introducción a la medición de la conductividad:

La conductividad es un parámetro de medición reconocido e imprescindible para el análisis de aguas residuales, brutas y el análisis de procesos industriales. Los sistemas de medición de operación continua se utilizan entre otras cosas para vigilar las cargas de sal en las entradas de las plantas de tratamiento de aguas residuales, en el control de calidad de agua potable y ultrapura o para la determinación de impurezas no específicas en procesos industriales.

La conductividad eléctrica es un parámetro acumulativo de la concentración de iones de una solución. Mientras más sales, ácidos o bases se encuentren disociados en una solución, más alta será su conductividad. Al ser los iones de las sales disueltas la causa de la conductividad en las aguas brutas y residuales, con ayuda de este parámetro es posible determinar tanto la concentración de sal en aguas residuales como el grado de pureza del agua. En la producción industrial la conductividad se utiliza por ejemplo en el control de procesos en las industrias farmacéutica y de alimentación.

La conductividad se mide en S/cm y esta unidad es el producto de la conductancia de la solución y la constante de geometría de la celda conductimétrica. La escala de conductividad de soluciones acuosas comienza con un valor de $0.05 \mu\text{S/cm}$ (25°C) para el agua ultrapura. La conductividad de aguas naturales como el agua potable o aguas de superficie oscila entre $100 - 1000 \mu\text{S/cm}$. En el extremo superior de la escala quedan algunos ácidos y bases.

La conductividad de una solución depende en gran medida de su temperatura. Por lo tanto, para poder comparar resultados, es necesario que los valores de medición estén basados en una temperatura de referencia estándar (25°C). Por compensación de temperatura se entiende la conversión de un valor de conductividad χ_D medido en un medio, a una temperatura cualquiera, al valor basado en la temperatura de referencia χ_x (25°C).

El valor de conductividad eléctrica de la mayoría de las soluciones acuosas cambia casi linealmente con la temperatura. En estos casos, la influencia de la temperatura puede compensarse muy bien con una función lineal de corrección cuyo coeficiente sea por ejemplo 2 %/K para aguas residuales. En nuestro caso, para el reactor biológico de fangos, cambia prácticamente de una manera lineal con la temperatura.

Cuando existe una relación no lineal entre la conductividad y la temperatura, es decir, cuando el coeficiente mismo depende de la temperatura, es posible por lo general describir dicha dependencia con un polinomio de 4º grado.

Nuestro sensor TetraCon 700 IQ calcula automáticamente los valores corregidos de conductividad mediante el coeficiente de temperatura ajustado. El cálculo de la constante que se introduce en la terminal se explica más adelante. Para la compensación de la temperatura de aguas naturales, nuestro dispositivo dispone de una función no lineal (nLF) según DIN EN 27888/ISO 7888 en su memoria.

5.2 Estructura y características del TetraCon 700 IQ:

El sistema TetraCon de 4 electrodos es el resultado perfecto del desarrollo orientado a la práctica. Si se le compara con las celdas conductimétricas convencionales de 2 electrodos, este instrumento avanzado de medición ofrece grandes ventajas técnicas de aplicación, sobre todo dentro del intervalo de los valores de conductividad más altos.



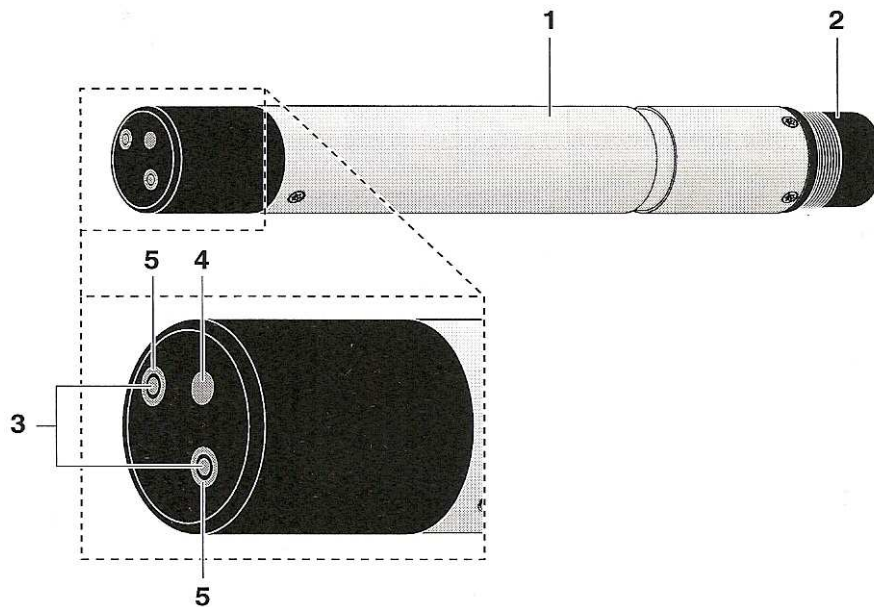
TETRACON 700 IQ

La celda conductimétrica TetraCon 700 IQ ha sido especialmente concebida para la utilización en plantas de tratamiento de aguas residuales fuertemente contaminadas. Gracias a su principio técnico de medición se evitan influencias causadas por efectos de polarización primarios o secundarios, garantizando así una gran precisión en la medición. Instalándola según las instrucciones se evitan errores de medición ocasionados por la corriente y el voltaje en el campo.

Gracias a su geometría especial, la celda conductimétrica TetraCon 700 IQ no es sensible a la suciedad o a las obstrucciones, además, sus electrodos de carbón resistentes a la abrasión pueden limpiarse fácilmente. En último término vale mencionar el método moderno de función de exposi, que disminuye el riesgo de quebraduras en condiciones extremas.

El sensor TetraCon 700 IQ, es un dispositivo digital, el cual podemos añadir al IQ Sensor Net. Una de las grandes ventajas de que nuestro dispositivo sea digital, es el mayor intervalo de medición ($10\mu\text{S}/\text{cm}$... $500\text{mS}/\text{cm}$) comparado con un dispositivo analógico.

Estructura de TetraCon 700 IQ:



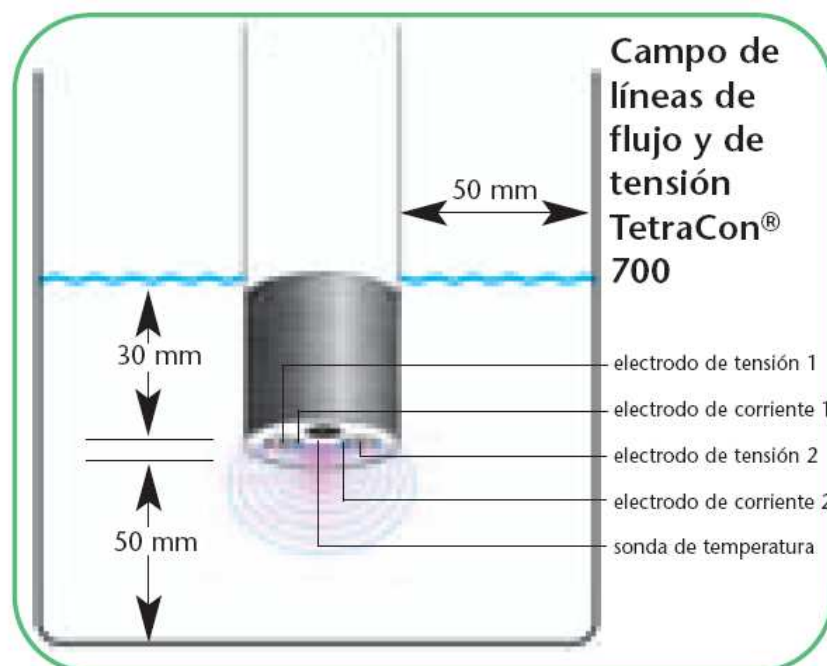
1. Eje.
2. Cabeza de la conexión.
3. Electrodo de tensión.
4. Sensor de temperatura.
5. Electrodo de corriente.

5.3 Principio de funcionamiento del TetraCon 700 IQ:

En principio, la conductividad de una solución se determina midiendo su resistencia electroquímica.

El tipo más sencillo de celda conductimétrica utilizada consta de dos electrodos del mismo tipo, a los que se les aplica una tensión alterna.

El valor de la conductividad de la solución se calcula entonces con el instrumento de medición en base a la corriente originada por los iones del electrolito y tomando en cuenta las constantes de celda.



distancia mínima: 50 mm

profundidad de inmersión mínima: 30 mm



En cambio, con el TetraCon 700 IQ de 4 electrodos, se utilizan 2 electrodos de corriente y dos electrodos de tensión, actuando estos últimos casi como sondas de potencial sin corriente. La posible caída de voltaje en los electrodos es controlada mediante un circuito potencioestático.

La ventaja más importante de este principio de medición es que los efectos de polarización típicos de altas conductividades no afectan el resultado de la medición. También la resistencia de contacto originada en los electrodos por la suciedad es compensada casi en su totalidad.

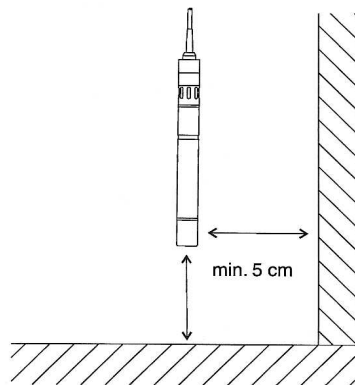
También habría que destacar a la hora de valorar su funcionamiento, que normalmente, la célula de medición de conductividad no envejece. Excepto cuando la medición es en medios muy extremos, ácidos ó bases fuertes, disolventes orgánicos, temperaturas muy altas...

Se hace mención a este dato ya que en nuestro reactor, pueden darse en algunos momentos estas condiciones tan extremas.

5.4 Calibración y mantenimiento del sensor:

El sensor TetraCon 700 IQ no dispone de un sistema de calibración, el sensor viene de fábrica listo para su funcionamiento.

Lo que si dispone este sensor, es un sistema de ajuste, ya que a la hora de colocar este sensor en posición de medición, tiene que respetar unas distancias mínimas.



Hay que asegurarse de que el sensor se encuentra rodeado por una diferencia de al menos 5 cm en la base y los lados (campos frontera) distancias medidas desde los electrodos a las paredes del reactor.

Si la diferencia es inferior de la que se indica en el gráfico de arriba, esto conduce a que los resultados de las mediciones sean incorrectas. Si la diferencia no se puede mantener, por ejemplo, en tubos estrechos, se podría aplicar el sistema de ajuste, que consiste en calcular una constante de celda que puede ajustarse para adaptarse a las condiciones de la instalación.

A la hora de calcular esta nueva constante de celda, para la medición en un lugar que no puede cumplir los requisitos mínimos, podemos enumerar una serie de pasos para realizar el cálculo:

1. Sumergir el sensor de conductividad operable en la muestra en el medio ambiente y esperar hasta que en la medición el valor medido es estable.
2. Leer la conductividad en la pantalla y anotarla en (-> χ_D).
3. Tomar una muestra representativa de manera simultánea con la medición de la conductividad y de las inmediaciones del sensor, si es posible.
4. Determinar la conductividad de la muestra sin la influencia de los campos de frontera (-> χ_x). La medición, por ejemplo, puede ser realizada de las siguientes maneras:
 - Medición en el laboratorio usando dispositivos que simulen las distancias que vamos a tener en la práctica.
 - Mediante la medición del TetraCon 700 IQ directamente, es decir, aplicándolo directamente en el lugar de medición, mientras se observa las lagunas en el fondo y los laterales de acuerdo a la sección.
5. Lea y anote las constantes de celda que actualmente aparecen en el menú de configuración del sensor (-> K_A).

6. Calcular la nueva constante de celda ***K_N*** de acuerdo a:

$$K_N = (\chi_X / \chi_D) \cdot K_A$$

7 Establecer y almacenar la nueva celda constante ***K_N*** dentro del menú de configuración del sensor.

Mantenimiento limpieza, eliminación:

El TetraCon 700 IQ (SW) sensor de conductividad funciona sin necesidad de mantenimiento.

Limpieza:

Contaminación	Agentes de limpieza	Tiempo de reacción a temperatura ambiente.
Sustancias solubles en agua.	Agua del grifo	Alguno
Grasas y aceites	<ul style="list-style-type: none"> • Agua tibia y detergente. • En el caso de contaminación pesada: metilación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alguno • Máximo 5min
Depósitos de hidróxidos de cal.	Ácido acético (10%)	Max 5min

5.5 Ajustes experimentales del sensor a nuestro reactor :

Haciendo referencia a lo que se dijo en el capítulo anterior, nuestra planta y nuestro reactor biológico de fangos, están en una situación totalmente experimental.

EL IQ Sensor Net y todos sus componentes están diseñados y preparados para unas condiciones más o menos estandarizadas.

Debido a ello, me he visto obligado a realizar diversos ajustes tanto en el sensor como en el reactor para obtener un óptimo resultado y un correcto funcionamiento, en este caso, más en el reactor.

En el caso del sensor TetraCon 700 IQ no se cumplía uno de los requisitos para un buen funcionamiento dentro de nuestro reactor biológico de fangos, ya que aunque no le afectaba la temperatura de funcionamiento ni la luz solar, si le afectaban las distancias mínimas con las paredes del reactor.

Quisiera comentar, que durante la realización del proyecto, se realizaron una serie de cambios considerables principalmente en el reactor biológico de fangos. En primera instancia, el reactor biológico de fangos, se construyó en un bidón cilíndrico, de color azul oscuro y de unos 50 litros de capacidad. En él se instalaron todos los soportes necesarios, para alojar dentro de él, primero, la biomembrana y después todos los sensores. También se instalaron la llaves necesarias para la extracción de líquido del interior del reactor y un desagüe para poder vaciar en un momento dado el reactor biológico de fangos.

Durante unos meses, la planta, estuvo trabajando con este reactor y obteniendo unos resultados no muy aceptables, principalmente para el IQ Sensor Net.

Cuando se realizó un estudio más detenido sobre la instalación de los sensores de nuestro sistema de medición en línea IQ Sensor Net, se observó y determinó que en el reactor en el que instalábamos los sensores, no se respetaban algunos de los requisitos esenciales para un buen funcionamiento de ellos mismos. En el caso del TetraCon 700 IQ no se respetaban las distancias mínimas con las paredes y con los demás sensores que estaban junto a él.

Visto los problemas que se tenían para conseguir nuestro objetivo final de poder monitorizar toda la información obtenida de nuestros sensores, se decidió construir un nuevo reactor biológico de fangos, en el cual, se respetarían todas las dimensiones mínimas de instalación de los sensores, capacidad mínima del reactor para alojar todo el líquido, fangos y dispositivos, entre ellos la biomembrana, necesarios para nuestro proyecto.

La construcción se llevó a cabo con éxito, siendo el reactor que se obtuvo, el reactor actual. Se construyó con una forma cuadrangular, con un volumen superior al reactor anterior y en vez de ser de plástico, se construyó con metraquilato.

El sensor TetraCon 700 IQ se adaptó a la perfección al nuevo reactor biológico de fangos, ya que se respetaban las distancias mínimas para su buen funcionamiento, y a pesar de la gran contaminación del reactor, sus medidas estaban siempre dentro de los rangos aceptables.

Hay que comentar también, como se dijo antes en el apartado de de la calibración del sensor, que si no hubiéramos decido construir un nuevo reactor con una estructura diferente, el sensor TetraCon 700 IQ, se hubiera podido haber ajustado mediante su sistema de ajuste, habiendo tenido que calcular una nueva constante de celda ***K_N*** mediante la expresión:

$$K_N = (\chi_X / \chi_D) \cdot K_A$$

Y una vez calculada la constante de celda para nuestras dimensiones, almacenándola en el menú de configuración del sensor.



CAPÍTULO 6

SENSOR DE CARBONO CarboVis 700/5 IQ MIQ/Vis

6.1 Introducción a la medición del carbono:

Además de todos los avances en la eliminación del nitrógeno y los fosfatos, la principal tarea que debe cumplir una planta de tratamiento consiste en la reducción general de la carga orgánica de las aguas residuales. En primer lugar, los compuestos orgánicos están integrados por carbono e hidrógeno que en el transcurso del proceso de limpieza se transforman en último término, después de consumir el oxígeno, en dióxido de carbono y agua.

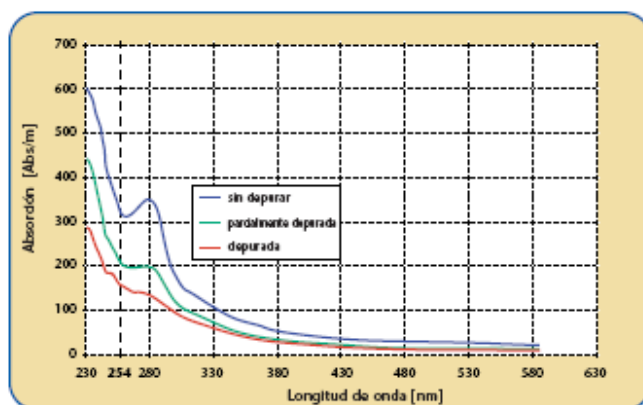
Para describir la contaminación orgánica del agua, se utilizan los parámetros COT (carbono orgánico total); COD (carbono orgánico disuelto); DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda biológica de oxígeno).



El CAE (coeficiente de absorción espectral, corresponde a las siglas inglesas SAC), es un parámetro que puede determinarse fácilmente. Muchos compuestos orgánicos muestran espectros de absorción UV característicos. Por tanto, la intensidad de atenuación de la luz puede correlacionarse con la contaminación orgánica.

En medios con escasas variaciones, esta correlación es sumamente indicativa de la composición, color, contenido de sólidos y las características ópticas vinculadas a esas propiedades. No obstante, en las aguas residuales hay muchas sustancias con características ópticas sumamente diferentes. Para cada sustancia se utiliza un factor de correlación distinto respecto al contenido de carbono.

Por tanto, con frecuencia la contaminación es representada en forma insuficiente si se mide con sólo una longitud de onda, por ejemplo a 254nm, como se efectúa en el CAE₂₅₄, en particular si hay modificaciones en la matriz.



Espectro de muestras de aguas residuales de una planta de tratamiento:

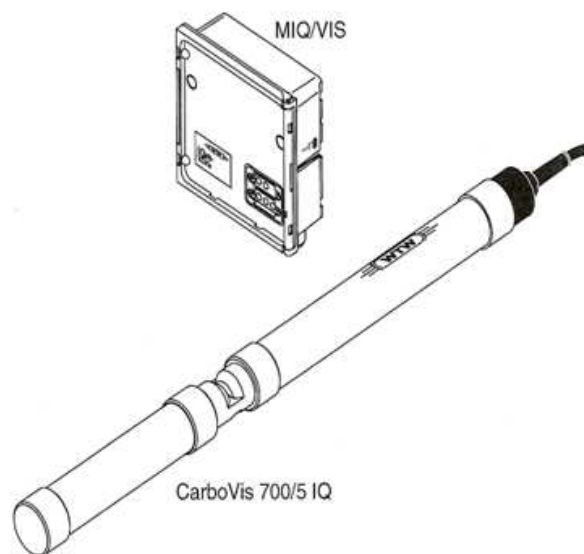
El espectro de absorción medido de esta planta de tratamiento muestra un nivel máximo característico a aprox. 280 nm, que puede atribuirse a las sustancias degradables orgánicas disueltas (estas sustancias son degradadas en el transcurso del proceso de limpieza y el nivel máximo de absorción desaparece casi por completo).

A través de una medición del CAE a 254 nm estos compuestos no pueden detectarse, puesto que en ese ámbito la absorción es determinada casi exclusivamente por sólidos y a esta longitud de onda no existe ninguna correlación con las materias degradables disueltas.

6.2 Estructura y características del CarboVis 700/5 IQ + MIQ/VIS:

Este dispositivo de medición en línea, posee una estructura algo más compleja que el resto de sensores de nuestro IQ Sensor NET.

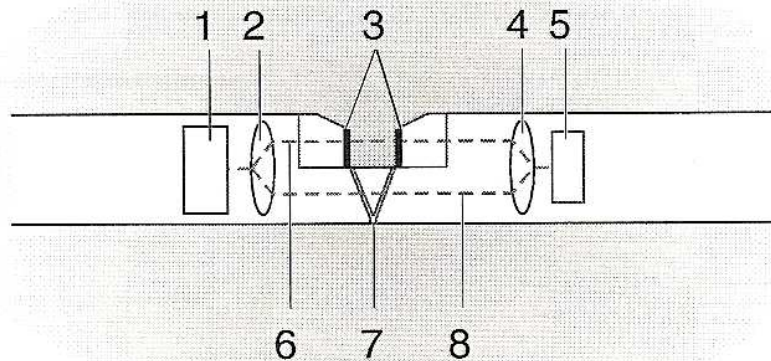
Para el funcionamiento del CarboVis 700/5 IQ, es necesario la utilización del MIQ/VIS, que a su vez va ligado a otro módulo llamado MIQ/CHV que como se explicó en el capítulo 3, era una válvula conmutable de aire comprimido para el funcionamiento del sistema de limpieza de cabezas del sensor de carbono.



La estructura o casi mejor dicho, los componentes para poder trabajar con este dispositivo de medición en línea son:

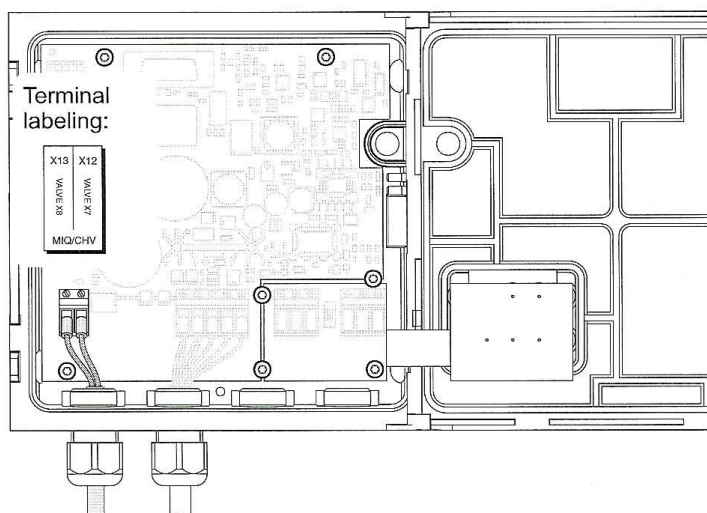
- CarboVis 700/5 IQ
- MIQ/VIS
- MIQ/CHV
- Sistema de aire comprimido.

Estructura del CarboVis 700/5 IQ + MIQ/VIS:



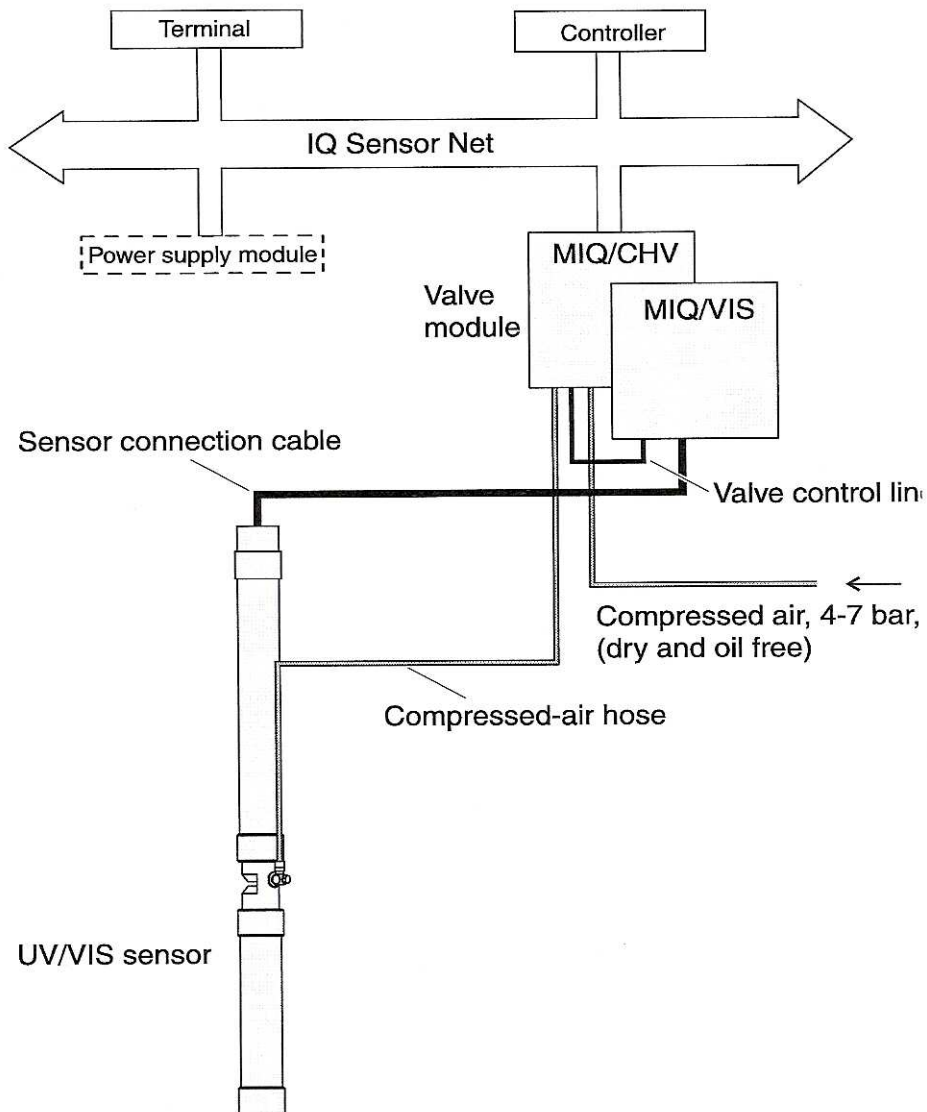
- 6. Fuente de luz.
- 7. Componente óptico emisor.
- 8. Ranura de medición entre las ventanas.
- 9. Componente óptico receptor.
- 10. Detector.
- 11. Haz de medición.
- 12. Salidas del limpiador por aire comprimido.
- 13. Haz de referencia.

El MIQ/VIS es el módulo encargado de controlar el tiempo de actuación de la válvula conmutable de aire comprimido del MIQ/CHV, por eso decir que ambos están estrechamente ligados, ya que uno controla al otro. Los dos módulos deben ser conectados mediante un cable de doble alambre de la siguiente manera:



Una vez conectados ambos entre sí, ya se tendría la capacidad de controlar el tiempo en el cual se abre o se cierra la válvula del aire comprimido. Dependiendo de la rapidez que se quiera para limpiar periódicamente el sensor, pondremos una apertura con mayor o menor frecuencia y que dure más o menor tiempo dicha apertura. Todo esto se puede configurar desde el terminal MIQ/C184 XT, en el menú del CarboVis 700/5 IQ escogiendo la opción más adecuada para cada caso, en el nuestro, para el reactor biológico de fangos, sería una limpieza muy frecuente y de larga duración.

Finalmente la estructura total del CarboVis 700/5 IQ + MIQ/VIS + MIQ/CHV
+ el circuito de aire comprimido sería:



Características del CarboVis 700/5 IQ:

El sensor CarboVis 700/5 IQ posee una alta calidad en mediciones espectrales en versión a prueba de agua para el control directo de procesos. Medición espectral extremadamente precisa con una sonda de 40 mm de diámetro. La determinación de los valores de medición se logra mediante la evaluación espectral del rango de luz ultravioleta/luz visible explorado.

Características individuales:

- El sensor mide directamente en el medio. Por lo tanto, no es necesario ni preparar ni transportar la muestra.
- No hay demoras entre la toma de la muestra y el resultado de la medición. Los valores reales están disponibles de inmediato.
- Medición particularmente precisa gracias al análisis espectral del barrido en el rango UV/VIS.
- Compensación muy efectiva de los factores de interferencia y la turbidez; esta compensación se basa en información espectral, que es mucho mejor que la que se obtiene con un simple método de doble haz.
- Larga vida útil gracias a la limpieza automática con aire comprimido antes de cada medición. El sistema requiere un mantenimiento sumamente escaso.
- El principio de medición óptica no requiere agentes químicos ni piezas sujetas al desgaste, escasos costes operativos.

6.3 Principio de funcionamiento del CarboVis 700/5 IQ:

La nueva sonda espectrométrica para mediciones en línea, CarboVis, mide todo el ámbito espectral desde la luz ultravioleta hasta la luz visible de onda larga. A partir del gran contenido informativo de los datos espectrales se determinan los valores de medición. El cálculo tiene como base métodos y datos de referencia que se han obtenido a partir de múltiples mediciones y estudios a lo largo de los años.

Por tanto, existen algoritmos adaptados que el usuario puede seleccionar en el lugar de la medición (entrada, salida, etc.) y que demuestran tener una gran correlación con el parámetro básico de la demanda química de oxígeno (DQO).

Por otra parte, los procesos espectrales ofrecen la ventaja de que también pueden compensar en forma óptima la turbidez del medio de medición, que también influye en las mediciones ópticas, en un extenso ámbito de longitudes de onda.

El funcionamiento físico del dispositivo es muy sencillo, la fuente de luz [1], emite un haz de medición [6] y otro haz de referencia [8], pasando ambos al salir por el componente óptico emisor [2]. El haz de medición pasa por la ranura de medición entre las ventanas [3] llegando al componente óptico receptor [4] junto al haz de referencia. Los dos finalizan en el detector [5] obteniendo así la información recogida durante el proceso.

Los números corresponden a las partes del gráfico de la estructura del CarboVis 700/5 IQ.



Los resultados de medición captados se presentan directamente en forma del conocido parámetro mg/l DQO. Mediante una calibración específica del usuario se puede ajustar una correlación conocida entre esta magnitud básica de medición que es la DQO y, a escoger, uno de los parámetros afines del carbono (COT, COD o la DBO). El resultado de medición que se obtiene con ese procedimiento se indica entonces directamente en mg/l COT, por ejemplo.

Nota: Parámetros del carbono.

COT: Carbono orgánico total. Traducido a siglas inglesas TOC.

COD: Carbono orgánico disuelto. Traducido a siglas inglesas DOC.

DQO: Demanda química de oxígeno. Traducido a siglas inglesas COD.

DBO: Demanda biológica de oxígeno. Traducido a siglas inglesas COD.

6.4 Calibración y mantenimiento del sensor:

El sensor CarboVIs 700/5 IQ está preparado para funcionar en la salida de nuestro reactor de aguas residuales y calibrado en la fábrica. El sensor está inmediatamente listo para medir. Para uso en la entrada sólo se tiene que cambiar la ubicación de medición.

El aire comprimido es la función de limpieza que se aplica sobre el sensor. El primer ciclo de medición (de limpieza y medición) se inicia después de inicializar el sensor en el IQ SENSOR NET.

Sobre la base de una medición de referencia ("valor de laboratorio"), comprobar si la configuración de entrega por defecto es suficientemente precisa para los valores medidos o si desea llevar a cabo una calibración del usuario. Si la demanda sobre la exactitud de medición es alta, se debe siempre llevar a cabo un control de **sensor / ajuste cero** y realizar una **calibración de usuario**.

La **calibración de usuario** sirve para compensar la influencia de la muestra. La calibración de usuario requiere previamente un éxito a la hora de realizar un control de sensor / ajuste cero.

Es muy recomendable que se compruebe la calibración de usuario actual si se sospecha que ha habido un cambio fundamental de las características de la muestra. Si la comparación de las mediciones muestran una clara desviación, estos pueden ser compensados por una calibración de usuario.

En la calibración de usuario hay que determinar los puntos de calibración y el valor de pares. El ajuste se lleva a cabo en uno o dos puntos dentro del rango de medición. Un valor par se determina en cada punto. Cada par consiste en el valor de la UV / VIS sensor y el correspondiente valor de referencia.

Los ajustes de la calibración de usuario se realizan desde el terminal MIQ/C184 XT, dentro del menú del sensor, en ajustes, podríamos introducir el par de valores correspondientes.

El **control de sensor / ajuste cero** es fundamental para poder realizar una calibración de usuario. Un control de sensor determina la condición de la UV/VIS sensor. Un ajuste cero compensa cambios irreversibles (por ejemplo, cambios de la medición de las ventanas que no se pueden eliminar por una limpieza completa).

Un sensor de control debería llevarse a cabo dos veces al año a intervalos regulares, pero la experiencia en nuestra planta, nos ha llevado a la conclusión de que dos veces al año son pocas, ya que nuestras condiciones son mucho más extremas. Independientemente de eso, hay que realizar un control del sensor extraordinario si se sospecha que el sensor está dañado, por ejemplo, después de un choque mecánico.

Si el ajuste cero no tiene éxito, el sensor se encuentra bloqueado para su medición. El éxito del ajuste cero es necesario para la determinación de los valores medidos.

Mantenimiento y limpieza:

Mantenimiento: La UV / VIS sensor CarboVis 700/5 IQ y el MIQ/VIS opera libre de mantenimiento.

Limpieza: Limpieza del MIQ/VIS:

Para la limpieza de la MIQ / VIS, los mismos principios básicos que se aplican para todos los módulos MIQ. **Impulsado por aire comprimido de limpieza por las ventanas de medición:** El sistema de limpieza limpia las ventanas de medición automática en intervalos regulares.

Limpieza del sensor:

Contaminación	Agentes de Limpieza	Tiempo de reacción a temperatura ambiente.
Sustancias solubles en agua.	Agua del grifo	Alguno
Grasas y aceites	Agua caliente del hogar y jabón líquido Si el sensor es altamente contaminadas: los espíritus metilado	Alguno Máximo 5min.
De hidróxido de cal y revestimientos	Ácido acético (10%)	Por un corto tiempo, luego enjuague con agua del grifo.

Limpieza de los canales de aire comprimido: Los canales de aire comprimido puede limpiarse utilizando un tubo-limpieza.

Limpieza de las ventanas de medición: No es necesario limpiar las ventanas de medición manualmente si la eficiencia de la limpieza del aire comprimido es suficiente.

Si la contaminación puede ser observada o si se sospecha que la contaminación afecta a los valores medidos, por favor, observar los siguientes puntos:

- Antes de la limpieza de las ventanas de medición, el resto de la caja del sensor ya debe estar limpia. Evite la presencia de partículas abrasivas en la brecha de medición.
- Para la ventana de medición, hacer uso de tejidos libres de pelusas para la limpieza, empapados con agentes de limpieza. Uso directo de los tejidos de limpieza a lo largo de las ventanas de medición con la ayuda de un objeto de espesor adecuado.
- Para quitar manchas persistentes de la ventana de medición, utilice el cepillo de limpieza disponibles como accesorios.
- Si es necesario, repita el procedimiento de limpieza varias veces y cambiar el tejido de limpieza en el medio.

Acabado el procedimiento de limpieza antes de un sensor de control o de ajuste cero: Los residuos de agentes de limpieza puede dar lugar a un error de calibración del sensor (sensor de control o de ajuste cero). Para completar el proceso de limpieza, enjuague a fondo el sensor varias veces con agua desionizada si desea calibrar el sensor posteriormente.

6.5 Ajustes experimentales del sensor a nuestro reactor :

Para el sensor de medición de carbono, prácticamente no fue necesario realizar ningún tipo de cambio ni ajuste. Su buena adaptación y funcionamiento, hizo que no se tuviera que modificar su estructura mediante ninguna pieza adicional como pudo ser en el caso de otros sensores.

Solo cabe destacar que sí fue necesario un cambio de posición en la medición. Este cambio se realizó debido a que dentro del reactor biológico de fangos, que era en primera instancia, donde teníamos el sensor alojado, había mucha concentración de carga orgánica, que principalmente esta compuesta de carbono e hidrógeno. Nuestro sensor en la mayoría del tiempo mostraba un valor en el terminal de " OFL " que las siglas traducidas al castellano significaban: "Fuera de Rango", queriendo decir, que nuestro sensor se encontraba con una cantidad de carbono superior a la que podía dar lectura.

Este problema en la medición, llevó a cabo una modificación de la posición del sensor, situándolo así, en un lugar en el que su lectura nos aportara datos de importancia y que también en la mayoría del tiempo estuviera dentro de su rango. El sensor de carbono, se situó en un pequeño tanque de la planta, donde se almacena el agua para el retrolavado de la biomembrana. El agua para el retrolavado al haber pasado ya por el proceso de depuración mediante la filtración, nos aportaría teniendo el sensor dentro de ese pequeño tanque, la calidad final orgánica de carbono del agua ya depurada.



CAPÍTULO 7

SENSOR DE TURBIDEZ VisoTurb 700 IQ

7.1 Introducción a la medición de la turbidez:

El observador puede apreciar la turbidez del agua en gran medida.

La mayoría de los seres humanos percibimos el agua turbia como algo desagradable y hasta repugnante. Además del olor y el sabor, la turbidez y la coloración son características esenciales del agua potable.

En las operaciones de una planta de tratamiento de aguas, o en nuestro caso, una planta con un reactor biológico de fangos, la turbidez es una medida cualitativa de la carga residual a través de los sólidos sin disolver. Las perturbaciones en el proceso de limpieza pueden determinarse considerando la secuencia temporal en la que ocurren. La turbidez puede medirse en línea con relativa facilidad por medios ópticos; por lo tanto, la turbidez es muy apropiada para medir el grado de éxito en la limpieza de una planta de tratamiento de aguas en el marco de los controles propios.

La turbidez se determina mediante el método de luz dispersa, en particular con el método de luz dispersa a 90°, que será explicado con más detenimiento más adelante. Este método se estipula en la norma en ISO 7027.

Límite de turbidez del agua para consumo humano, según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 **NTU**, y estará idealmente por debajo de 1 NTU. Los sistemas filtrantes, de las plantas de tratamiento del agua para consumo humano deben asegurar que la turbidez no supere 1 NTU en por lo menos 95% de las muestras diarias de cualquier mes. A partir del 1 de enero del 2002, en los estándares de los EEUU, la turbidez no debe superar 1 NTU, y no debe superar 0.3 en 95% de las muestras diarias de cualquier mes.

7.2 Estructura y características del VisoTurb 700 IQ:

La medición continua de turbidez y sólidos en suspensión tiene una gran importancia en los sistemas de análisis de las modernas plantas de tratamiento.

Para la determinación en línea de este parámetro, en especial en los ámbitos del tratamiento biológico de aguas residuales, la recuperación de lodos y en los propios procesos de las plantas, los sensores ópticos



de luz dispersa en el rango infrarrojo han ocupado un lugar destacado para el empleo in situ. El sensor VisoTurb 700 IQ es de la familia de los sensores ópticos para la medición de la turbidez y sólidos en suspensión.

El novedoso sistema de autolimpieza por ultrasonido garantiza un tipo de medición con bajo mantenimiento y que se caracteriza por su gran confiabilidad a largo plazo. Las mediciones de turbidez en medios acuosos con ayuda del VisoTurb 700 IQ se llevan a cabo de manera nefelométrica según la norma en ISO 7027.

Dentro de los enormes intervalos de medición del VisoTurb 700 IQ tenemos un rango de (0 – 4000 NTU) pudiendo seleccionar la resolución óptima para el correspondiente valor medido a través de una función de autorango.

Las principales características del sensor VisoTurb 700 IQ son:

- **Sistema automático de limpieza integrado y sin desgaste:** La fuente de ultrasonido integrada en la sonda genera vibraciones de alta frecuencia en las ventana ópticas del orden de micrones. Las máximas vibraciones se producen en el centro de las ventanas de mediciones, de forma que es allí donde se puede apreciar los mayores desplazamientos. Esto evita desde el principio la acumulación de impurezas de todo tipo y, de esta forma, se consiguen valores de medición confiables en la operación continua.
- **Medición confiable, igual a un sensor limpio:** En los sistemas ópticos, las impurezas alteran en un grado indeterminado las mediciones de turbidez y sólidos en suspensión. Una vez que una impureza se ha introducido en el sistema óptico, el depósito de nuevas partículas se produce con una rapidez cada vez mayor. En especial, en condiciones de empleo extremadamente duras, como sería nuestro caso, en nuestro reactor biológico de fangos.

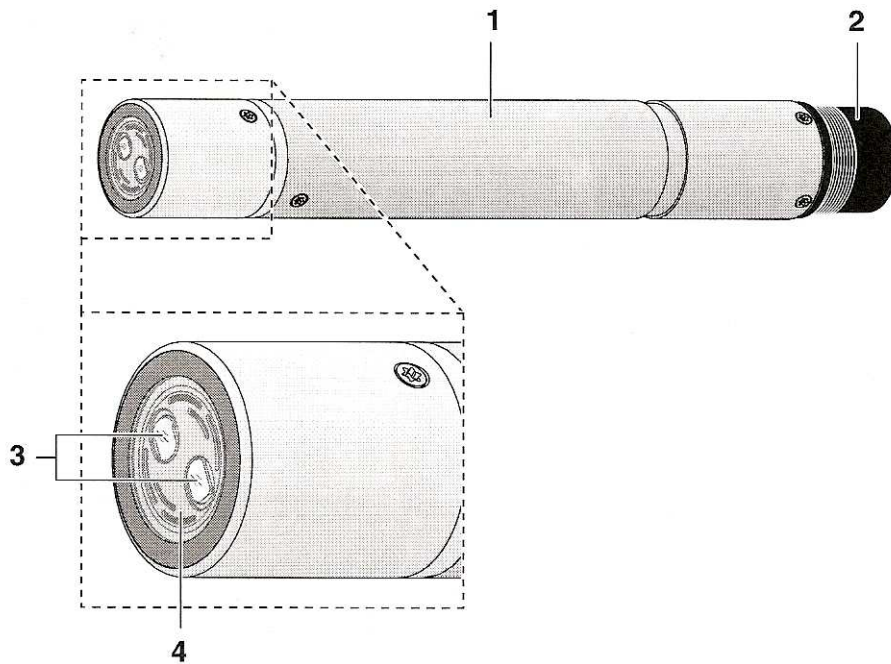


La propagación de los microorganismos representa un verdadero problema para una medición óptica que debe ser confiable en sí misma. Por esta razón, no es posible prescindir en la mayoría de los casos de una **limpieza manual** adicional, a pesar de los habituales métodos para la compensación o la limpieza de dichas impurezas con ayuda de los diversos sistemas de limpieza ya disponibles.

- **Robusta ventana de medición de zafiro resistente a raspones:**

Las ventanas de medición de zafiro empleadas son particularmente resistentes a los raspones y garantizan un empleo de larga duración bajo condiciones extremas para obtener resultados de medición precisos.

Estructura de VisoTurb 700 IQ:



1. Eje del sensor.
2. Cabeza de la conexión.
3. Ventana de medición óptica
4. Disco de zafiro con sistema de limpieza de ultrasonido.



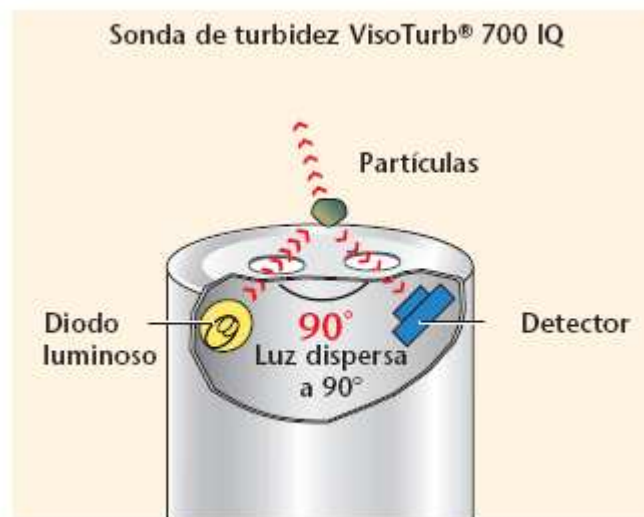
7.3 Principio de funcionamiento del VisoTurb 700 IQ:

Puesto que no es posible una determinación continua y gravimétrica en las operaciones de la planta de tratamiento, se emplean procesos indirectos como la medición de turbidez. El contenido de sólidos suspendidos es un importante parámetro del proceso en la mayoría de las plantas de tratamiento de lodos y depuración de aguas residuales. Este parámetro puede determinar en línea el contenido de sustancia seca a partir de la **dispersión** o la **absorción** de la luz.

Con condiciones marginales normales, los valores de medición se correlacionan bien con los contenidos de sustancia seca determinados por métodos **gravimétricos**. WTW, el fabricante de IQ Sensor Net, ha registrado curvas típicas para los lodos más importantes y con esas curvas se puede lograr también, incluso sin una calibración específica por el usuario, una correlación relativamente buena con el contenido de sólidos en suspensión.

No obstante, por lo general, los lodos se diferencian claramente en virtud de su color, su tamaño y su estructura. Por supuesto, para estas aplicaciones es posible una calibración de múltiples puntos por parte del usuario. Esto puede realizarse puntualmente mediante la comparación con la determinación gravimétrica, prescrita de todas maneras, del contenido de sólidos disueltos.

El principio de medición del sensor VisoTurb 700 IQ, es un principio que comienza cuando un haz de luz visible atraviesa un sistema disperso, las partículas dispersas disminuyen la intensidad de haz de luz transformándolo en otras formas de energía. A este efecto se le denomina absorción. La relación entre el haz de luz que entra en la distancia medida y la luz que sale de esa distancia se valora como turbidez.



Según este principio, la luz dispersa se mide en un ángulo de 90°. La estructura de medición es idónea para valores de turbidez bajos y medios de hasta 4000 NTU. Según la DIN EN 27027 y la ISO 7027 se utiliza luz infrarroja en el ámbito de longitudes de onda de 860 nm. Esta longitud de onda queda fuera del ámbito visible, gracias a lo cual las eventuales coloraciones de la muestra no causan interferencia en general.

7.4 Calibración y mantenimiento del sensor:

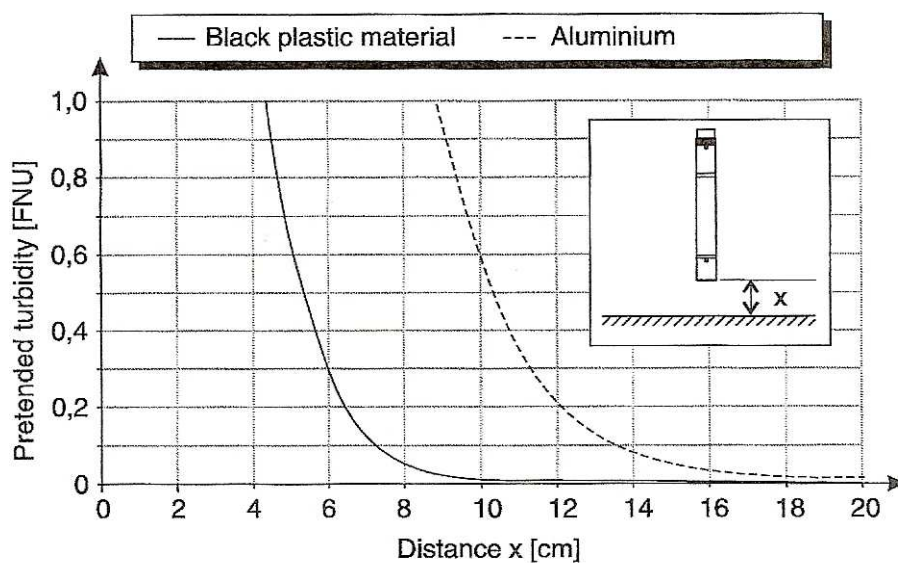
El sensor en línea VisoTurb 700 IQ se calibra con alta precisión en la fábrica mediante un sistema de calibración de "múltiples puntos" y son tan estables a largo plazo que no es necesaria otra calibración. Como estándar de turbidez se utiliza formacina que se diluye según la aplicación a una concentración apropiada para la calibración.

Aunque la calibración se realiza en la fábrica, para conseguir un buen funcionamiento del VisoTurb 700 IQ hay que cumplir unos requisitos específicos sobre la medición y ubicación de la instalación del sensor.

En muestras de ensayo con ligera turbidez ($<100\text{FNU}$), la luz infrarroja penetra en la muestra profundamente. Por lo tanto, el medio ambiente puede tener un efecto significativo sobre el valor medido. Luz que se refleja o dispersa por el suelo o pared y puede golpear el detector en el sensor y, por lo tanto, simular mayor turbidez o un aumento del nivel de sólidos suspendidos totales. La luz directa del sol puede interferir con la medición. La luz difusa puede mantenerse lejos de las ventanas de medición en gran medida por el favorable posicionamiento del sensor. Por esta razón, la óptima posición de instalación es especialmente importante para la medición de bajos valores de turbidez.

Si en una instalación óptima no es posible cumplir los requisitos de posicionamiento debido a las condiciones estructurales (por ejemplo, en reducir tuberías), los efectos de la medición del medio ambiente puede ser compensada por una aplicación compensar.

A continuación se muestra una gráfica que nos determina las distancias mínimas a las que se debe colocar nuestro sensor VisoTurb 700 IQ (siempre que se pueda) dentro de un recipiente hecho de plástico negro o bien de aluminio.



La gráfica tiene una forma exponencial tanto para la colocación del sensor dentro de un recipiente de material de plástico negro o dentro de uno hecho de aluminio. Se puede apreciar, que cuanto menor sea la turbidez esperada, tendremos que dar una distancia mayor de posicionamiento a nuestro sensor, en nuestro caso, en el reactor biológico como la turbidez esperada es excesivamente grande, hemos mantenido unas distancias mínimas de uno 4 cm aproximadamente.

Como se dijo anteriormente, en una instalación óptima a suficiente distancia de las paredes, paredes de material oscuro, el efecto de la medición del medio ambiente es despreciable. Si en una óptima instalación no es factible debido a las circunstancias locales, la injerencia a efectos pueden ser compensados por un valor de corrección.

Dependiendo de la muestra, las características ópticas de la superficie interna del recipiente donde esté alojado nuestro sensor pueden cambiar mucho con el tiempo (películas biológicas, depósitos de cal). Esto puede afectar a la medición de turbidez. Por eso mismo debemos repetir la solicitud de compensar de vez en cuando, así como para comprobar el efecto de las superficies en caso de la sospecha de que tengamos un excesivo valor de turbidez.

Determinación del valor de corrección: La determinación de la corrección de valor puede llevarse a cabo utilizando el agua potable normal. Dos mediciones se realizan:

1. Medición en un entorno que sea lo más ideal posible (valor de referencia).
2. Medición en una situación real en su medio ambiente.

El valor de corrección se calcula a partir de las dos mediciones anteriores, de la siguiente manera (la corrección de valor es por lo general negativo):

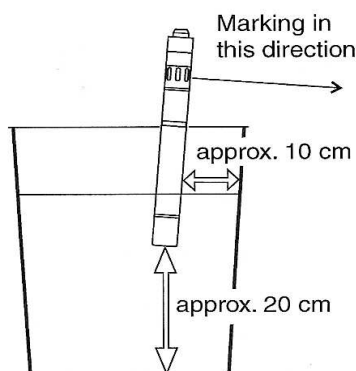
$$\text{Valor de corrección} = \text{Valor de Turbidez (ideal)} - \text{Valor de Turbidez (real)}$$

Una vez calculado el valor de corrección, lo introduciríamos dentro del menú de configuración del sensor de turbidez VisoTurb 700 IQ dentro de la función de compensar.

A la hora de realizar la medida real, es tan sencillo como tomar el valor obtenido en el medio que estamos midiendo. Pero una medición ideal del medio ambiente, para la función de compensar se puede crear con los siguientes accesorios simples:

- Cubo de plástico negro, con una capacidad de al menos 10L
- Una fijación para el sensor, por ejemplo, de pie de laboratorio.
- Sombra contra la luz directa del sol (de cartón o similar).

Coloque el sensor como se muestra en el diagrama siguiente:



El sensor VisoTurb 700 IQ generalmente no requiere ningún mantenimiento. Como ya se explicó con anterioridad, la continua ejecución del sistema de ultrasonidos evita la acumulación de la contaminación en casi todos los casos.

Aun así, es recomendable limpiar el eje y el disco de zafiro, si el sensor se ha mantenido en la muestra donde habitualmente realizamos las mediciones en una condición no operativa para cualquier período prolongado de tiempo.

Limpieza del sensor, del eje y disco de zafiro.

Durante el uso normal, independientemente del sistema de ultrasonidos, se recomienda la limpieza:

- Si apreciamos de una manera visual alguna contaminación.
- Si el sensor no está en funcionamiento por un largo período de tiempo, pero fue sumergido en el medio de medición.
- Si los valores medidos son sospechosos de ser incorrectos (por lo general demasiado bajos)

Agentes de limpieza.

Contaminación	Agentes de limpieza
Lodos y suciedad adherida o películas biológicas.	Paño suave o cepillo suave, agua tibia con detergente
Sal y/o depósitos de cal.	Ácido acético (porcentaje del volumen = 20%), paño suave o esponja suave



7.5 Ajustes experimentales del sensor a nuestro reactor :

Volviendo a recordar que nuestra planta se encuentra en un estado totalmente experimental, y que el IQ Sensor Net está principalmente diseñado para unas condiciones mas o menos estandarizas, se deben de hacer una serie de ajustes a nuestro sensor e incluso a nuestro reactor biológico de fangos para obtener unos buenos resultados.

Lo primero que se debe tener en cuenta, son los requisitos mínimos que tenemos que aplicar a nuestro sensor para un correcto funcionamiento. El sensor VisoTurb 700 IQ, se ve afectado por agentes externos, como por ejemplo, la luz solar y también se ve afectado por unas restricciones, como ya comentamos anteriormente, en cuanto a las medidas mínimas con las paredes y el fondo del recipiente donde se aloja el sensor.

En cuanto al primer factor que puede afectar a nuestro sensor, la luz solar, en principio, en el laboratorio no se tuvo ningún tipo de problema, ya que nuestro primer reactor biológico de fangos era de un material de plástico de color azul oscuro que no dejaba pasar la luz solar a su interior.

El problema surgió cuando se decidió cambiar el reactor por uno mejor de nuevas dimensiones que favorecía para superar las restricciones de las distancias entre el fondo y las paredes. El nuevo reactor está construido con metraquilato, que es un material transparente que deja pasar la luz solar y eso podría afectar notablemente en los resultados de las medidas del sensor. La solución a este problema, fue forrar el reactor con un adhesivo de color negro evitando así la entrada de luz solar al interior del reactor.

Por construcción, el nuevo reactor nos daba una seguridad, en cuanto al cumplimiento de las distancias mínimas, total.

Las condiciones en principio eran perfectas para un buen funcionamiento, hasta que el sensor empezó funcionar y rápidamente, se observó que al poco tiempo de llevar en el interior del reactor, se disparaban las medidas de la turbidez hasta salirse de rango, es decir, superaba [0 – 4000 NTU].

Esto era debido a que la cantidad de fangos en nuestro reactor es muy alto, y eso favorece a la depositación de contaminación en la ventana óptica de medición.

Para solucionar este problema, se pensó en utilizar un método, de puesto en línea, muy parecido al que se le instaló al sensor de oxígeno TriOxmatic 700 IQ, colocándolo así en línea con el reactor mediante un circuito de recirculación de agua impulsado con una bomba especial para el achique de aguas sucias.

El sistema de recirculación es el mismo que para el sensor de oxígeno, excepto por el recipiente donde está situado nuestro VisoTurb 700 IQ, que es diferente ya que como anteriormente se ha explicado, necesita tener unas distancias mínimas con las paredes y el suelo.

El VisoTurb 700 IQ, está alojado en un tubo de PVC de 110mm de diámetro, con una apertura por cada extremo que son la entra y salida del flujo agua. Este sistema favorece mediante el flujo o corriente de agua, a que no se deposite contaminación en la ventana óptica del sensor, obteniendo así medidas mucho mas exactas y reales.



CAPÍTULO 8

APORTACIONES Y BENEFICIOS DE IQ SENSOR NET AL BIORREACTOR



8.1 Introducción:

A lo largo del proyecto se han ido describiendo cada una de las partes y dispositivos que forman el IQ SENSOR NET. Es evidente que este sistema de monitorización en línea aporta a nuestro biorreactor una gran cantidad de información mediante las lecturas de los sensores instalados (Oxígeno disuelto, Conductividad, Turbidez y Carbono orgánico total) en tiempo real, observando las magnitudes obtenidas en el terminal del sistema.

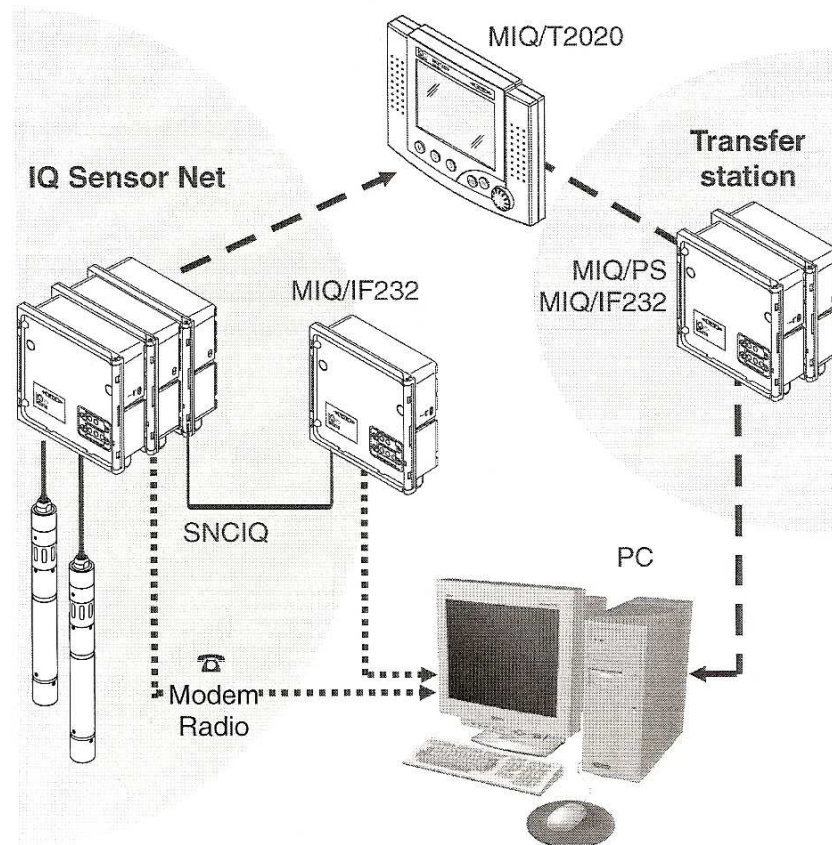
También hay que destacar otra gran aportación y beneficio del IQ SENSOR NET para nuestra planta de aguas residuales experimental.

Independientemente de las otras muchas aportaciones, como las comentadas anteriormente, hay que destacar con gran importancia, el IQ SENSOR NET SOFTWARE PACK.

8.2 IQ SENSOR NET software pack:

Este software nos aporta un gran número de variantes posibles para conectar el IQ SENSOR NET a un PC. Para ello, es necesario tener los siguientes componentes:

- Módulo de interfaz MIQ/IF232.
- Controlador y el módem MIQ/MC(-A)-RS.
- Interfaz Profibus MIQ/MC (-A)-PR controlador.



En el esquema que arriba se expone, se pueden observar los diversos tipos de conexiones al PC mediante los componentes antes nombrados.

En este proyecto se ha utilizado una conexión directa, mediante el módulo interfaz MIQ/IF232. Este módulo es alimentado como el resto de módulos del sistema IQ SENSOR NET, y dispone de un cable RS 232 que sirve de vía de unión entre el módulo y nuestro PC, conectándolo en un puerto serial del ordenador que esté libre.



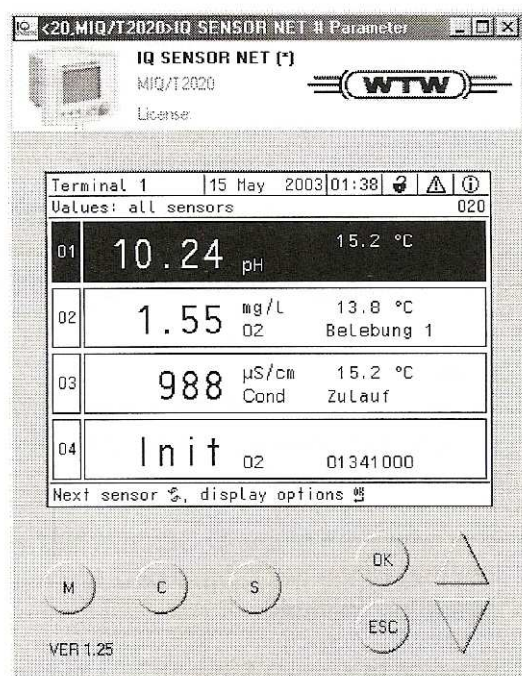
Para una conexión directa como es en este caso, el PC debe tener unos requerimientos mínimos. En el caso que el sistema operativo sea Windows el PC tendrá que tener como mínimo:

- Windows 98 ó superior.
- Procesador Pentium 2 o superior
- Mínimo 8 Mb RAM
- 10 Mbytes libres de memoria.
- VGA/SVGA de tarjeta gráfica.
- CD-ROM
- Para una conexión directa, un puerto serial libre disponible (COM conexión).

Como se puede observar, lo que requiere el PC a día de hoy es mínimo, ya que las prestaciones que nos aportan los ordenadores hoy, son muy superiores.

La instalación del software en el PC es muy sencilla, simplemente conectar el cable interfaz RS 232 del módulo MIQ/IF232, con un puerto en serie que esté libre del PC. Después, se instala software mediante el CD-Rom que nos ha suministrado el fabricante.

Este software permite tener el mismo control del IQ SENSOR NET que teníamos desde el terminal, teniéndolo ahora desde nuestro PC. Este control se realiza mediante una ventana que dispone de una estructura similar a la del terminal 184 XT. Este software por lo cual, nos permite dos vías de control y de visualización de las magnitudes, gráficos y avisos que nos pueda estar indicando el sistema en ese momento.



El gráfico que se muestra arriba, corresponde a la ventana que visualizaríamos en la pantalla de nuestro PC.

Pero si cabe destacar una de las aportaciones de este software, es sin duda alguna, el vuelco de información que podemos realizar prácticamente de forma automática del IQ SENSOR NET al PC.

Este vuelco, de la información registrada a lo largo del tiempo por el terminal 184 XT, se puede descargar de una manera muy simple y bien ordenada, en hojas de cálculo, como podrían ser en hojas de Excel en el caso de usar el sistema operativo Windows. El poder ir descargando la información a nuestro PC periódicamente, nos da un mayor control y ventaja a la hora de ir estudiando el comportamiento de nuestro biorreactor a lo largo del tiempo, ya que el terminal 184 XT tiene una memoria finita, que se va regenerando, borrando datos antiguos por datos nuevos.



He ahí la importancia de destacar esta aportación y beneficio del resto, por su gran ayuda al control y estudio que nos aporta en este proyecto.

A continuación, se muestran más aportaciones y beneficios del IQ SENSOR NET a nuestro proyecto.

8.3 Aportaciones y beneficios:

- Aunque en nuestro proyecto solo utilizamos cuatro sensores, IQ SENSOR NET, puede aportar una gran variedad de sensores industriales como ya se expusieron en el capítulo 3, para un mayor control de la planta.
- Gran fiabilidad en las medidas, resultados y gráficos que nos aporta el sistema siempre y cuando los sensores estén en buen estado y calibrados.
- Una de las grandes ventajas para el control y estudio de nuestra planta, es el poseer las medidas, resultados y gráficos en tiempo real.
- Ventaja destacable, es un sistema que al ser modular, es de fácil ampliación, en caso de que cambiaran las dimensiones de nuestra planta en un futuro, se podría ampliar el sistema con más componentes sin excesivos problemas.
- En cuanto el consumo energético de la planta y del biorreactor, el IQ SENSOR NET, no nos aumentaría mucho dicha cantidad, ya que tiene un bajo consumo energético.



- En el caso de que se produjeran en el reactor biológico de fangos, cambios altamente considerables como pudieran ser, cambios de temperatura excesivos, fuga de fluidos, etc. El dispositivo IQ SENSOR NET dispone de alarmas que nos indicarían en el terminal o en el PC en caso de tenerlo conectado, una situación anormal.
- Otro gran beneficio para el proyecto, es que al estar continuamente realizando cambios en la planta, los sensores presentan una gran resistencia mecánica y aguantan bien los cambios y modificaciones.



CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES



9.1 Conclusiones:

Una vez finalizada la parte práctica y teórica del proyecto, y con el IQ SENSOR NET funcionando en el reactor biológico de fangos, hay que realizar una valoración objetiva y de ella sacar ciertas conclusiones, para saber así, si el proyecto ha tenido carácter significativo sobre la planta y lo tendrá de cara a su futuro desarrollo.

- Unos de los aspectos más importantes a tener en cuenta, es la viabilidad económica del proyecto. Si la inversión es muy alta y no se obtienen resultados que ayuden al desarrollo del biorreactor (MBR), estaríamos en una situación inviable del proyecto. En el caso de este proyecto, el sistema IQ SENSOR NET y todos sus dispositivos, tuvieron un desembolso elevado, pero no excesivamente elevado, pero que a día de hoy, al obtener unos resultados fiables y en tiempo real, se está amortizando ese coste inicial, al estar ahorrando en material y personal de laboratorio que tendrían que estar realizando dichas medidas y también otra forma de ahorro es un bajo consumo energético por parte del sistema. Otro factor de cara a la viabilidad económica es que en caso de ampliar la planta, si se quisiera incluir algún dispositivo más del IQ SENSOR NET, solo y exclusivamente tendríamos un coste por la compra del dispositivo ya que la instalación y puesta en funcionamiento sería prácticamente inmediata.



- Otra valoración que se debería realizar sobre el IQ SENSOR NET, es el tiempo que se ha requerido para su instalación inicial y puesta en marcha. Es un sistema modular, con sensores industriales en línea, que a la hora de realizar su instalación física en el laboratorio, no ha presentado gran dificultad, ya que sus anclajes son muy prácticos debido a que van unidos los módulos entre sí mediante tornillos. La instalación eléctrica del sistema tampoco requiere un tiempo excesivo, debido a que los esquemas de conexión son simples y claros y las conexiones entre módulos van conjuntamente con la unión física de ellos y las conexión entre módulos y sensores se realizan mediante bornas y roscas muy fácilmente identificables. El tiempo utilizado para la instalación inicial fue aproximadamente de unas 3 semanas.
- En cuanto al tiempo de instalación y puesta en marcha inicial, como hemos visto anteriormente no es mucho, pero ahora hay que valorar el tiempo que invertimos para obtener un correcto funcionamiento del sistema y de cada uno de los sensores, y más en este caso, que estamos adaptando un sistema de monitorización en línea para unas condiciones mas o menos estandarizadas con una planta de depuración de agua mediante un biorreactor (MBR) en un estado experimental. Principalmente, este ha sido el aspecto más complicado y que más tiempo a requerido en el proyecto, ya que en los sensores, en especial en el sensor de oxígeno y turbidez, se tuvo que modificar su estructura con piezas adicionales para conseguir resultados aceptables. El tiempo invertido en conseguir que el sistema funcionara correctamente fue aproximadamente de unos 3 meses y medio.

- El funcionamiento del IQ SENSOR NET en nuestra planta, no ha sido exactamente el esperado, ya que alguna de las modificaciones físicas que se tuvieron que realizar para conseguir la adaptación a nuestras condiciones experimentales, no han sido del todo buenas, es decir, dan valores aceptables y fiables pero con problemas en algunos intervalos de tiempo, como por ejemplo, cuando se carga el reactor con fangos nuevos, tenemos problemas en el sensor de turbidez. Otro problema en el funcionamiento del IQ SENSOR NET, es la conexión directa con el PC mediante el cable interfaz RS 232, el funcionamiento es parcial, ya que la ventana que nos suministra el software para la visualización de las medidas de los sensores sí funciona, pero el vuelque de los datos del terminal al PC aun está no operativo, posiblemente por el PC del laboratorio.

9.2 Resumen de las conclusiones:

- Económicamente es aceptable y viable para el desarrollo de la planta con el biorreactor MBR.
- La instalación y puesta en funcionamiento posee un nivel de dificultad medio-bajo.
- La adaptación del IQ SENSOR NET a las condiciones experimentales del reactor biológico de fangos requiere un tiempo considerable, debido a que se han tenido que hacer muchas pruebas hasta conseguir valores aceptables.
- El funcionamiento global del sistema sobre nuestra planta es aceptable, pero con algunos aspectos pendientes de solución, debido a que su funcionamiento no es totalmente correcto.



9.3 Futuras líneas de aplicaciones:

Después de realizar este proyecto, hacer mis valoraciones y sacar ciertas conclusiones, puedo decir que este sistema: IQ SENSOR NET, puede aportar a nuestra planta de depuración de aguas residuales en un futuro, cuando el funcionamiento del biorreactor (MBR) sea estable, una posible automatización de la planta utilizando los resultados obtenidos por los sensores. Esta automatización daría un mayor control y seguridad de los procesos que se realizan en la planta, cuando no hay ningún personal en el laboratorio. Procesos que se podrían automatizar mediante los resultados de los sensores, podrían ser:

- Puesta en marcha o parada automática del sistema de aireación, sabiendo la cantidad de oxígeno disuelto.
- Reposición de fangos automáticamente dependiendo de la cantidad de carbono orgánico y de la turbidez del agua.
- El sensor de conductividad si no está en contacto con el líquido del reactor su lectura es 0, por lo cual situándolo en un cierto límite, podríamos automatizar el llenado del reactor en caso de nivel bajo.

Estos han sido algunos ejemplos de posibles aplicaciones en los que podríamos hacer uso del IQ SENSOR NET para una futura automatización de nuestra planta depuradora de aguas residuales.



BIBLIOGRAFÍA



1. Operation Manual IQ SENSOR NET -WTW-
2. Crespi, M., "Tratamientos con biorreactores de membrana" Jornada: Regeneració i Reutilització d'aigües a la Indústria. Barcelona, 2008.
3. Gander M., Jefferson B. and Judd S., Aerobic MBRs for domestic wastewater treatment: a review with cost considerations. Separation and Purification Technology, 18, 119-130, 2000.
4. Apuntes de BIORREACTORES DE MEMBRANA (MBR) APLICADOS A LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES: UNA TECNOLOGÍA CON FUTURO del Dr. en Ciencias Químicas, Profesor Titular de Universidad del Área de Ingeniería Química de la Universidad Carlos III de Madrid, Dr. Antonio Aznar Jiménez.
5. www.wtw.com
6. www.wikipedia.org